

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

## **MICROHIDROENERGÍA**

### **DISEÑO DE UN SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA A PARTIR DEL FLUJO DE AGUA EN LAS TUBERÍAS**

**Ivonne Plata Ortega**

Tesis para optar por el grado de Maestra en Diseño  
Línea de Investigación: Nuevas Tecnologías

Miembros del Jurado:

**Mtro. Antonio Abad Sánchez**  
*Director de la tesis*

**Dr. Juan Carlos Olivares Galván**  
*Co - Director de la tesis*

**Dr. José Roberto García Chávez**  
**Dr. Emilio Martínez de Velasco**  
**Mtro. Octavio García Rubio**

México D.F.  
Noviembre del 2010

*Emilio Iván:*

*Por que donde algunos sólo ven agua,  
tú descubras un mar de posibilidades.*

*Gracias Dios por susurrar en mi oído las respuestas a muchas de mis preguntas.*

*Gracias a mi hijo Emilio Iván, por regalarme todas sus sonrisas y tenerme gran paciencia.*

*Gracias a mi mamá y papá por estar a mi lado en los mejores momentos de mi vida, pero infinitas gracias por haber estado en los más difíciles.*

*Gracias a mi papá y a Paco por prestarme sus manos cuando a las mías les falta fuerza.*

*Gracias a Blanca por su entusiasmo por este proyecto.*

*Gracias al Maestro Antonio Abad, porque si Dios no lo hubiera puesto en mi camino, probablemente yo no estaría escribiendo estas líneas.*

*Gracias al Dr. Juan Carlos Olivares por su apoyo, asesoría y entusiasmo.*

*Gracias al Arq. Arturo Landgrave, por su amistad, ayuda y buenos consejos.*

*Gracias a mis tíos y primos por todas sus palabras de aliento.*

*Gracias a Maya, Luisa, Yesenia, y todas mis amigas, por ser las hermanas que decidí tener por elección y que nunca han dudado en ayudarme hasta en los más mínimos detalles, que para mi han sido colosales.*

*Gracias a la Universidad Autónoma Metropolitana por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de desarrollar este proyecto.*

*Gracias al Instituto de Ciencias y Tecnologías del Distrito Federal, por su apoyo para la realización de mis estudios de maestría.*

## Sinopsis

El planeta está cambiando. Cambian las condiciones climáticas, los asentamientos humanos y los requerimientos que éstos necesitan para subsistir. Lo anterior mueve al ser humano hacia un desarrollo tecnológico que le permita hacer frente a las nuevas adversidades de la vida cotidiana, adaptándose día con día al nuevo planeta que le amanece y que representa nuevos retos para la conservación de la propia especie.

De la misma manera, las ciudades cambian acompañadas de una arquitectura que tiene en sí misma la tarea de transformarse, convirtiendo los antiguos modelos en desarrollos que exigen innovación y adaptabilidad a las características sociales, económicas y climáticas de su entorno. Esto ha iniciado una búsqueda constante por lograr una arquitectura autosustentable, misma que si bien todavía no es completamente cierta, las últimas tecnologías invitan a vivirla aprovechando todos los recursos energéticos que tenga a su alrededor, sin depender de fuentes externas de energía para cumplir con todas sus funciones diarias.

La microenergía se refiere a la búsqueda de éstos recursos, que van desde el aprovechamiento de los desechos, las condiciones climáticas, y el análisis del movimiento dentro de un edificio - dependiendo del uso que tenga el mismo - ya sea habitacional, comercial, industrial o algún otro.

El movimiento de los seres humanos dentro de los edificios, así como de los recursos que hacen que estos funcionen, llevan implícita una cantidad importante de energía cinética, misma que pasa inadvertida ante los ojos del usuario, quien está acostumbrado a recibirla a través de medios externos y masivos, como son las redes de electricidad, que realizan grandes recorridos desde las enormes centrales eléctricas.

La microenergía no busca el abastecimiento de grandes cantidades energéticas, si no sólo aquellas que sean suficientes para el correcto funcionamiento del edificio del cual ya forman parte. Esta es la razón por la que al hacer un análisis a cerca del movimiento dentro de diversas construcciones encontramos dos comunes denominadores, el tránsito humano, y el movimiento del agua.

Una ramificación de este tema es la microhidroenergía, término que se destinará para definir la energía obtenida a través del movimiento de agua dentro de las tuberías de cualquier edificio habitado. Para lograr esto, se diseñó un microgenerador de energía que funciona gracias al flujo de agua, pudiendo ser potable o reciclada, siempre y cuando no contenga residuos sólidos.

Después de la investigación y experimentación, se concluyó con el diseño de un sistema integral de generación energética que se conectará a la red de agua potable y logrará abastecer un porcentaje de los consumos eléctricos del inmueble. Este sistema se activará cuando alguno de los usuarios utilice los recursos hidráulicos, como son, regaderas, lavamanos, servicios sanitarios, entre otros. De nuestra investigación obtuvimos que adaptando estos microgeneradores dentro de cualquier edificio, se genera como mínimo el 4% del abastecimiento total de iluminación; pero estos resultados pueden incrementarse ya que los componentes están en un proceso de diseño para multiplicar su producción de energía.

Para obtener los beneficios antes mencionados, será conveniente una reorganización en las instalaciones de la nueva arquitectura, en donde ya no caben los antiguos esquemas de redes hidráulicas o eléctricas, los cuales sólo tenían por tarea el suministrar los recursos sin ningún estudio previo para su optimización, lo cual implica grandes pérdidas tanto para la ciudad de México como cualquier otra alrededor del mundo.

# Índice general

Sinopsis.....	004
Índice general.....	006
Listado de imágenes.....	013
Listado de tablas.....	019
Glosario de abreviaturas.....	021

<b>Introducción.....</b>	<b>022</b>
Antecedentes.....	022
Planteamiento y delimitación del problema.....	023
Objetivo general.....	023
Hipótesis general.....	023
Motivación para elaborar la investigación.....	024
Procedimiento.....	024
Desarrollo del documento.....	026

## Capítulo 1

### Marco teórico:

<b>Antecedentes y nuevas propuestas en materia de energía.....</b>	<b>028</b>
1.1 Desabasto energético mundial.....	028
1.2 Alternativas energéticas.....	032
1.2.1 Gas natural.....	033
1.2.2 Carbón.....	034
1.2.3 Energía nuclear.....	036
1.2.4 Impacto ambiental de la producción energética.....	037
1.3 Energías renovables.....	038
1.3.1 Energía eólica.....	039

1.3.2	Energía solar.....	040
1.3.2.1	Energía solar eléctrica.....	041
1.3.2.2	Energía solar térmica.....	041
1.3.3	Energía geotérmica.....	042
1.3.4	Biomasa.....	042
1.3.5	Energía hidráulica.....	043
1.4	La energía renovable en México.....	044
1.4.1	Alternativas productoras de energía.....	046
1.5	Innovaciones en el mundo.....	050

## Capítulo 2

<b>Agua y energía en inmuebles habitables.....</b>	<b>052</b>
2.1 Edificios autosustentables.....	052
2.2 Ejemplos actuales.....	055
2.2.1 Bahrein World Trade Center.....	055
2.2.2 Dinamic Tower Dubai.....	056
2.2.3 Pearl River Tower.....	057
2.3 Generación energética dentro de un edificio.....	058
2.3.1 Energía cinética.....	058
2.3.2 Movimiento del agua dentro de un edificio.....	059
2.4 Centrales hidroeléctricas.....	065
2.5 Hidroeléctricas de menor tamaño.....	069
2.6 Microhidroenergía.....	071

## Capítulo 3

<b>Marco metodológico.....</b>	<b>073</b>
3.1 Objetivos.....	073
3.1.1 Objetivo general.....	073
3.1.2 Objetivos secundarios.....	073





4.4.2.4	Turbina Francis.....	096
4.5	La transmisión.....	097
4.6	El generador.....	099

## Capítulo 5

<b>Proceso de experimentación.....</b>	<b>101</b>
5.1 Pruebas y resultados.....	101
5.2 Prototipo 1.- Ensamble individual.....	102
5.2.1 Descripción.....	102
5.2.2 Pruebas.....	102
5.2.3 Resultados del prototipo 1.....	103
5.2.4 Problemas por resolver.....	103
5.3 Prototipo 2.- Ensamble individual.....	104
5.3.1 Descripción.....	104
5.3.2 Pruebas.....	104
5.3.3 Resultados del prototipo 2.....	105
5.3.4 Problemas por resolver.....	105
5.4 Prototipo 3.- Ensamble doble.....	106
5.4.1 Descripción.....	106
5.4.2 Pruebas.....	106
5.4.3 Resultados del prototipo 3.....	107
5.4.4 Problemas por resolver.....	107
5.5 Prototipo 4.- Ensamble triple.....	108
5.5.1 Descripción.....	108
5.5.2 Pruebas.....	108
5.5.3 Resultados del prototipo 4.....	109
5.5.4 Problemas por resolver.....	109
5.6 Prototipo 5.- Ensamble quintuple.....	110
5.6.1 Descripción.....	110
5.6.2 Pruebas.....	110

5.6.3	Resultados del prototipo 5.....	111
5.6.4	Problemas por resolver.....	111
5.7	Prototipo 6.- Prueba de iluminación 1.....	112
5.7.1	Descripción y pruebas.....	112
5.7.2	Resultados del prototipo 6.....	112
5.8	Prototipo 7.- Prueba de iluminación 2.....	113
5.8.1	Descripción y pruebas.....	113
5.8.2	Resultados del prototipo 7.....	113
5.9	Prototipo 8.- Prueba de iluminación 3.....	114
5.9.1	Descripción y pruebas.....	114
5.9.2	Resultados del prototipo 8.....	114
5.10	Prototipo 9.- Prueba de iluminación 4.....	115
5.10.1	Descripción y pruebas.....	115
5.10.2	Resultados del prototipo 9.....	115
5.11	Prototipo 10.- Prueba de iluminación 5.....	116
5.11.1	Descripción y pruebas.....	116
5.11.2	Resultados del prototipo 10.....	116
5.12	Conclusiones.....	118

## Capítulo 6

<b>Diseño global del sistema.....</b>	<b>119</b>
6.1 Descripción de partes.....	119
6.2 Componentes del microgenerador individual.....	120
6.2.1 Carcasa.....	120
6.2.2 Propela y eje.....	121
6.2.3 Buje esférico.....	121
6.2.4 Sello hermético.....	122
6.2.5 Soporte.....	122
6.2.6 Transmisión.....	123
6.2.7 Generador.....	123

6.3	Ensamble.....	124
6.3.1	Orden de las piezas.....	124
6.3.2	Ensamble del sistema individual.....	125
6.4	Secuencia múltiple.....	126
6.4.1	Ensamble múltiple de microgeneradores.....	126
6.4.2	Carcasa y soportes del sistema.....	128
6.4.3	Módulo de secuencia múltiple.....	129
6.5	Registros.....	130
6.5.1	Registro de 4 módulos.....	131
6.5.2	Registros de 3 módulos.....	132
6.5.3	Registros de 2 módulos.....	133
6.5.4	Registro de 1 módulo.....	134
6.6	Propuesta de instalación.....	135

## Capítulo 7

<b>Análisis de resultados.....</b>	<b>137</b>
7.1 Especificaciones.....	137
7.1.1 Generador.....	137
7.1.2 Datos hidráulicos.....	137
7.2 Iluminación.....	138
7.2.1 Producción de energía por generador.....	139
7.2.2 Lámparas de leds comerciales.....	139
7.2.3 Lámpara de leds para interiores MR16.....	140
7.2.4 Lámpara de leds para interiores SP80.....	141
7.2.5 Análisis de artefactos por secuencia múltiple.....	142
7.3 Análisis de caso práctico.....	143
7.3.1 Análisis de frecuencia de uso de agua en un departamento	144
7.3.2 Análisis de producción de energía en el edificio propuesto	144
7.3.3 Cantidad de lámparas.....	147
7.4 Cálculo de lámparas por departamento tipo.....	147

7.4.1	Datos.....	147
7.4.2	Cálculo de índice del local.....	148
7.4.3	Coeficiente de reflexión.....	148
7.4.4	Factor de utilización.....	149
7.4.5	Factor de mantenimiento.....	140
7.4.6	Lúmenes por local.....	140
7.4.7	Determinación del número de lámparas.....	140
7.4.8	Tiempo estimado de iluminación.....	142
7.5	Resultados mínimos globales.....	153
7.5.1	Demanda.....	153
7.5.2	Requerimientos de áreas comunes del edificio.....	153

## Capítulo 8

<b>Conclusiones.....</b>	<b>154</b>
8.1 Ventajas y desventajas del sistema.....	157
8.2 Mejoras al sistema.....	158
8.3 Temas de estudio propuestos.....	159
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>161</b>
<b>Curriculum vitae.....</b>	<b>165</b>

## Listado de imágenes

- Figura 1.1. Producción propia de petróleo en Estados Unidos y sus reservas.  
Fuente: Pedro A. Prieto. Crisis energética. España. (Octubre del 2002).  
<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20031009134945> 6
- Figura 1.2. Consumo mundial de petróleo y estado de las reservas.  
Fuente: Pedro A. Prieto. Crisis energética. España. (Octubre del 2002).  
<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20031009134945> 6
- Figura 1.3. Estado de Producción y reservas en Europa.  
Fuente: Pedro A. Prieto. Crisis energética. España. (Octubre del 2002).  
<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=20031009134945> 6
- Figura 1.4. Reservas mundiales de petróleo en billones de barriles.  
King M. Hubbert y su metodología para el cálculo de las reservas petrolíferas.  
[www.hubbertpeak.com](http://www.hubbertpeak.com)
- Figura 1.5. Consumo mundial de Gas Natural por sector consumidor final, 2002-2025 Fuentes: 2002, Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2002, DOE/EIA-0219(2002) (Washington, DC, March 2004), web site [www.eia.doe.gov/iea/](http://www.eia.doe.gov/iea/). Pronosticos: EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2005).
- Figura 1.6. Reserva mundial de gas natural en trillones de pies cúbicos. Enero del 2007. Fuente: CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Ministerio de Ciencia e Innovación. España. (Febrero del 2006).
- Figura 1.7. Reservas de carbón en el mundo. Enero 2005  
Fuente: CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Ministerio de Ciencia e Innovación. España. (Febrero del 2006).
- Figura 1.8. Generación eléctrica mundial. 2004 y 2030.  
Fuentes: Derived from Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2004 (May-July 2006), Web site: [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2007).

- Figura 1.9. Emisiones de dióxido de Carbono. 1990 – 2030.

Fuentes: Historial: Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2004. (May-July 2006). Web site: [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). Proyecciones: EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2007).

- Figura 1.10. Energías renovables en los Estados Unidos.

Fuente: Energy Information Administration (EIA). Web site: [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea).

- Figura 1.11. Estructura de la producción de energía primaria 2009, en México.

Fuente: Sistema de información energética, Balance Nacional de Energía 2009, SENER. Web site: [www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia](http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia)

- Figura 1.12. Potencial Eólico en México no explotado.

Fuente: GONZALEZ-AVILA, María Eugenia, BELTRAN-MORALES, Luis F, TROYO-DIEGUEZ, Enrique *et al.* "Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México." *INCI*. [online]. abr. 2006, vol.31, no.4 [citado 02 Mayo 2010], p.240-245.

- Figura 1.13. Dispositivos piezoeléctricos.

Fuente: Pedestrians generate electricity at shibuya station, December 8<sup>th</sup>, 2008. [En línea].[http://www.digitalworldtokyo.com/index.php/digital\\_tokyo/articles/pedestrians\\_generate\\_electricity\\_at\\_shibuya\\_station/](http://www.digitalworldtokyo.com/index.php/digital_tokyo/articles/pedestrians_generate_electricity_at_shibuya_station/)

- Figura 2.1. Consumo final de energía por destino, 2006.

Fuente: "El sector energético en México" Revista Este país. No. 205, Abril del 2008. Pp. 99-104

- Figura 2.2. Bahrein World Trade Center.

Fuente: Giuliano Pastorelli. "Top 10 de edificios sustentables AIA".

Revista Muebles y Decoración. (22 de abril del 2010).

<http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html>

- Figura 2.3. Dinamic Tower, Dubai.

Fuente: Giuliano Pastorelli. "Top 10 de edificios sustentables AIA".

Revista Muebles y Decoración. (22 de abril del 2010).

<http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html>

- Figura 2.4. Pearl River Tower, China.

Fuente: Giuliano Pastorelli. "Top 10 de edificios sustentables AIA".

Revista Muebles y Decoración. (22 de abril del 2010).

<http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html>

- Figura 2.5. Recorrido del agua hasta zonas habitadas.

Fuente: CONAGUA Comisión Nacional del Agua.

<http://www.conagua.gob.mx/Default.aspx>

- Figura 2.6. Red de agua potable en un edificio con sistema hidroneumático.
- Figura 2.7. Red de agua potable en un edificio con sistema hidroneumático.
- Figura 2.8. Energía hidroeléctrica en el mundo.

Fuente: Sistema de Información Energética, Secretaría de Energía, Información estadística. <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

- Figura 2.9. Diagrama de una central hidroeléctrica.

Fuente: Kalipedia, Santillana. España

[http://www.kalipedia.com/geografia-espana/tema/centrales-hidroelectricas.html?x=20070822klpington\\_103.Kes&ap=1](http://www.kalipedia.com/geografia-espana/tema/centrales-hidroelectricas.html?x=20070822klpington_103.Kes&ap=1)

- Figura 2.10. Capacidad de generación efectiva

Fuente: Sistema de Información Energética, Secretaría de Energía, Información estadística. <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

- Figura 2.11. Abasto de agua (en m<sup>3</sup>) por habitante al año en México.

Estadísticas del agua en México, edición 2010. Comisión Nacional del Agua.

SEMARNAT, Gobierno Federal.

[http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010\\_Espanol\\_16Junio2010.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010_Espanol_16Junio2010.pdf)

- Figura 4.1. Partes principales de una central hidroeléctrica.

Fuente: Fuentes de energía, Red temática de ciencias de la tierra. [En línea]

<http://tierra.rediris.es/hidrored/sensibilizacion/datos/consumo/gasto/fuentes.htm>

- Figura 4.2. Esquema comparativo de una central hidroeléctrica y un microgenerador de tuberías.
- Figura 4.3. Esquema básico para construir un microgenerador.
- Figura 4.4. Diferentes tipos de ruedas hidráulicas: A) Alimentación superior. B) Alimentación lateral. C) De paletas planas. D) De impulsión inferior. F) Turbina Banki.  
Fuente: Knol. De la rueda hidráulica hasta la turbina. [En línea]  
<http://knol.google.com/k/de-la-rueda-hidr%C3%A1ulica-hasta-la-turbina#>
- Figura 4.5. Turbina Kaplan.  
Fuente: Cubasolar. Fabricación de turbinas hidráulicas en cuba. [En línea]  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia05/HTML/Articulo51.htm>
- Figura 4.6. Turbina Hélice.  
Fuente: Cubasolar. Fabricación de turbinas hidráulicas en cuba. [En línea]  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia05/HTML/Articulo51>
- Figura 4.7. Turbina Pelton.  
Fuente: Turbinas hidroeléctricas. Turbinas pelton. [En línea]  
<http://sapiens.ya.com/netcentrales/pelton.htm>
- Figura 4.8. Turbina Francis.  
Fuente: Cubasolar. Fabricación de turbinas hidráulicas en cuba. [En línea]  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia05/HTML/Articulo51.htm>
- Figura 4.9. Tren de engranajes  
Fuente: Picsdigger. Tren de engranajes. [En línea]  
<http://picsdigger.com/keyword/tren%20de%20engranajes/>
- Figura 4.10. Diagrama de motor y generador.  
Fuente: Monografías. Conceptos básicos de máquinas eléctricas.  
[En línea] <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>
- Figura 4.11. Generador. Fuente. Wis Physics. Generadores, dinamo y magnetismo espacial. [En línea]. <http://www.wisphysics.es/2008/09/iman-es-de-nuestro-dia-a-dia-ii>



- Figura 5.1. Vista superior prototipo 1.
- Figura 5.2. Vista lateral prototipo 2.
- Figura 5.3. Prueba del prototipo 1.
- Figura 5.4. Prototipo 2, vista frontal.
- Figura 5.5. Prototipo 2, vista lateral.
- Figura 5.6. Prueba del prototipo 2.
- Figura 5.7. Prototipo 3, vista lateral.
- Figura 5.8. Reductor de diámetro.
- Figura 5.9. Prueba del prototipo 3 de ensamble doble.
- Figura 5.10. Prototipo 4, ensamble triple.
- Figura 5.11. Prototipo 4, ensamble triple.
- Figura 5.12. Prueba del prototipo 4 de ensamble triple.
- Figura 5.13. Prototipo 5, ensamble quíntuple.
- Figura 5.14. Prototipo 5, ensamble quíntuple.
- Figura 5.15. Prueba de prototipo quíntuple.
- Figura 5.16. Prueba de iluminación de 7 leds amarillos.
- Figura 5.17. Prueba de iluminación de 3 leds blancos.
- Figura 5.18. Prueba de iluminación con lámpara con 6 leds blancos y 6 leds ámbar.
- Figura 5.19. Prueba de iluminación con 2 lámparas sumando 12 leds blancos y 12 leds ámbar.
- Figura 5.20. Prueba de iluminación con lámpara de 30 leds.
- Figura 6.1. Carcasa para flujo de agua.
- Figura 6.2. Propela con aspas cóncavas y eje.
- Figura 6.3. Buje esférico.
- Figura 6.4. Sello hermético elastomérico.
- Figura 6.5. Soporte de carcasa.
- Figura 6.6. Engrane mayor de la transmisión.
- Figura 6.7. Generador propuesto para el prototipo.

- Figura 6.8. Orden del ensamble.
- Figura 6.9. Ensamble del sistema individual.
- Figura 6.10. Secuencia múltiple del sistema.
- Figura 6.11. Sistema dentro de la red hidráulica de un edificio.
- Figura 6.12. Módulo de secuencia múltiple vertical.
- Figura 6.13. Registro soporte para 4 módulos de secuencia múltiple.
- Figura 6.14. Registro soporte para 3 módulos de secuencia múltiple.
- Figura 6.15. Registro soporte para 2 módulos de secuencia múltiple.
- Figura 6.16. Registro soporte para 1 módulo de secuencia múltiple.
- Figura 6.17. Propuesta de instalación del sistema en edificio de 4 niveles.
- Figura 7.1. Lámpara de leds MR16.
- Figura 7.2. Lámpara de leds SP80.
- Figura 7.3. Planta arquitectónica de edificio de departamentos.
- Figura 7.4. Corte vertical de un modulo de departamentos.
- Figura 7.5. Acomodo de lámparas en departamento tipo.

## Listado de tablas

- Tabla 1.1 Producción de energía primaria.

Fuente: Sistema de información energética, Balance Nacional de Energía, SENER, México. Sitio web: [www.energia.gob.mx/portal/default.aspx?id=1791#energia](http://www.energia.gob.mx/portal/default.aspx?id=1791#energia)

- Tabla 1.2 Consumo final total de energía en México.

Fuente: Sistema de Información energética. Balance Nacional de Energía 2009, SENER. México. Sitio web: [www.energia.gob.mx/portal/default.aspx?id=1791#energia](http://www.energia.gob.mx/portal/default.aspx?id=1791#energia)

- Tabla 1.3 Consumos de energía en México 2001 - 2025.

Fuente: Zuk M. Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México. Primera edición 2006 México. Sistema de publicaciones del Instituto Nacional de Ecología. México. Sitio web: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>

- Tabla 1.4 Energías renovables en México.

Fuente: Secretaría de Energía. Sistema de Información energética. México. Sitio web: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>

- Tabla 2.1 Dotación mínima de agua por tipo de edificio.

Fuente: Reglamento de construcciones de la ciudad de México.

- Tabla 5.1 Pruebas y resultados

Fuente: Recopilación de datos obtenidos de las pruebas con prototipos que dieron resultados positivos.

- Tabla 7.1 Ejemplos de lámparas de leds.
- Tabla 7.2 Especificaciones de lámpara MR16
- Tabla 7.3 Especificaciones de lámpara SP80
- Tabla 7.4 Resultados de análisis por secuencia múltiple
- Tabla 7.5 producción de energía en el edificio
- Tabla 7.6 Microgeneradores en el edificio
- Tabla 7.7 Tiempo de producción eléctrica
- Tabla 7.8 Cálculo de índice del local
- Tabla 7.9 Coeficiente de reflexión

- Tabla 7.10 Coeficiente de utilización
- Tabla 7.11 Factor de mantenimiento

## Glosario de abreviaturas

AC	Corriente alterna
A.C.	Antes de Cristo
cd	Corriente directa
cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetros cuadrados
DC	Corriente directa
F.M.	Factor de mantenimiento
F.U.	Factor de utilización
GWh	Gigavatio hora
k	grados kelvin
kg.	Kilogramo
km	Kilometro
Kw	Kilowatt
kWh	Kilovatio hora
Led	Diodo emisor de luz
lm	Lumen
Lts.	Litros
mA	Miliamperes
mcd	Milicandelas, unidad de luminosidad.
mm	Milímetros
mts.	Metros
mW	Miliwatts
MW	Megavattios, Megawatts
PVC	Cloruro de polivinilo
rpm	Revoluciones por minuto
V	Volts
VAC	Voltaje de corriente alterna
Vcc	Voltaje en corriente continua
w	Watts

# Introducción

## Antecedentes

En la actualidad, la mayoría de los edificios dentro de las ciudades consumen grandes cantidades de energía, ésta se obtiene a través de plantas generadoras eléctricas que por lo general se encuentran a miles de kilómetros de distancia de su destino final. Lo anterior y el aumento desmedido de la demanda, elevan considerablemente los costos del suministro.

La energía se produce gracias a dos variantes importantes: los procesos químicos y el movimiento.

Si se analiza un edificio en uso, ya sea habitacional, comercial, industrial o de cualquier otro tipo, es patente que dentro de sus instalaciones se realizan constantemente ambos procesos.

Al hablar de los químicos se podría considerar la emisión de gases por la descomposición de desechos orgánicos, ya sean provenientes de servicios sanitarios o desechos alimenticios.

Igual que el punto anterior, el movimiento se encuentra constantemente implícito en el inmueble habitado; como el ir y venir de las personas, la transportación de objetos, el abrir y cerrar de ventanas o recorrer las escaleras, son algunos ejemplos.

Pero no sólo las acciones humanas y mecánicas en estos lugares producen energía, ya que existe otro elemento que siempre está en constante movimiento, indispensable para la supervivencia humana y el funcionamiento de los espacios vitales: *el agua*.

## **Planteamiento y delimitación del problema**

El movimiento del agua dentro de las instalaciones hidráulicas de cualquier edificio en uso, produce energía, misma que se desperdicia.

### ***Características del problema***

1.- No existe un planteamiento teórico que exprese la posibilidad de obtener energía eléctrica gracias a la presión en los recorridos de agua dentro de las tuberías de cualquier edificio.

2.- Las instalaciones hidráulicas en los edificios no están adaptadas para captar la energía producida por el movimiento.

3.- No existe un aparato hidrogenerador adaptable a las tuberías de agua sin residuos sólidos dentro de un edificio, que aproveche la energía del movimiento para transformarla en energía eléctrica.

## **Objetivo general**

Diseñar un artefacto que aproveche el movimiento constante de agua dentro de las tuberías de agua potable en un edificio, y lo transforme en energía eléctrica.

## **Hipótesis general**

Es posible obtener electricidad a partir de un artefacto, que sea capaz de transformar el movimiento del agua dentro de las tuberías de cualquier edificio habitable en energía.

## **Motivación para elaborar la investigación**

Todo lo que existe alrededor de la humanidad se transforma. Las ciudades cambian y se adaptan al ser humano, pero al mismo tiempo el ser humano tiene que readaptarse constantemente a su nuevo entorno.

La arquitectura es una parte medular en el desarrollo de estos cambios, porque en los edificios es donde se realizan las funciones más importantes de una sociedad. A pesar de las grandes modificaciones que ha sufrido la manera de construir desde la antigüedad hasta el día de hoy, los nuevos avances tecnológicos arrastran al mundo a readaptarse a una nueva realidad, que va teniendo transformaciones sociales, económicas y climáticas muy importantes.

Las instalaciones dentro de los inmuebles han tenido como objetivo el suministrar recursos necesarios para la supervivencia y comodidad de las personas que los habitan, pero la nueva realidad exige que no solo resuelvan las tareas originales para lo que fueron creadas, si no también que tengan una planeación más detallada para optimizar el uso de los recursos y aprovechar cualquier beneficio que de ellas se pueda obtener, como es el convertir en electricidad la energía cinética implícita en su movimiento de agua.

## **Procedimiento**

Para el desarrollo de la presente investigación se determinó un enfoque metodológico experimental, con una investigación mixta, siendo cualitativa al analizar *cuáles* son los componentes idóneos, para concluir con el diseño de un sistema capaz de producir energía eléctrica una vez adaptado a la red de agua potable de un edificio, y cuantitativa al comparar los resultados obtenidos de la experimentación, aplicándolos a



un caso práctico para definir *cuanto* sería el porcentaje de iluminación en caso de aplicar el sistema a un edificio.

Para lo anterior se hizo un análisis comparativo con una central hidroeléctrica y las características de la misma, para concluir cuales serían los componentes básicos del microgenerador, ya que ambas tienen el mismo objetivo, el de producir energía a través del movimiento de agua pero una a lo macro y otro a una micro escala.

Al obtener la información correspondiente se paso por un proceso de experimentación ensamblando varios prototipos, de los cuales solo se presentan aquí aquellos que dieron resultados concluyentes y de los cuales se analizaron los resultados, tomando como parámetro la cantidad de iluminación que éstos podían producir.

Una vez obteniendo los datos anteriores, se hizo una propuesta de diseño tanto del microgenerador en su versión individual, el ensamble múltiple y el diseño del sistema adaptado a la red hidráulica de un edificio. Así como los cálculos correspondientes para definir los alcances de iluminación que sería capaz de producir el prototipo final adaptándose al sistema dentro de un edificio.

## **Desarrollo del documento**

El desarrollo de la presente investigación cuenta con el siguiente contenido:

### ***Capítulo 1***

#### ***Marco teórico: Antecedentes y nuevas propuestas en materia de energía.***

En este capítulo se hace una semblanza del panorama de la crisis energética a nivel mundial.

### ***Capítulo 2***

#### ***Agua y energía en inmuebles habitables.***

En este capítulo se analizan las últimas innovaciones en auto eficiencia energética en la arquitectura, así como la capacidad de generar electricidad a partir del movimiento del agua en la misma.

### ***Capítulo 3***

#### ***Marco metodológico.***

Este capítulo contiene los objetivos, hipótesis, preguntas de investigación así como metodología que se utiliza en este documento.

### ***Capítulo 4***

#### ***Desarrollo del proyecto: Análisis y selección de componentes.***

En este capítulo se hace un análisis de los componentes básicos y de las características de funcionamiento de cada uno de ellos.

### ***Capítulo 5***

#### ***Proceso de experimentación.***

Este capítulo resume los resultados de la experimentación con distintos prototipos que fueron ensamblados para comprobar las hipótesis de este documento.

## ***Capítulo 6***

### ***Diseño global del sistema.***

Este capítulo contiene el diseño de cada uno de los componentes así como del sistema completo dentro de una instalación hidráulica.

## ***Capítulo 7***

### ***Análisis de resultados.***

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos en los modelos de experimentación para calcular un porcentaje aproximado de la capacidad de iluminación que podría abastecer el sistema en un edificio.

## ***Capítulo 8***

### ***Conclusiones.***

Este capítulo resume las conclusiones del presente documento, mencionando también las mejoras al mismo y algunos temas de estudio propuestos para futuras investigaciones.

# Capítulo 1

## Marco teórico: Antecedentes y nuevas propuestas en materia de energía

### 1.1 Desabasto energético mundial

Actualmente el abasto energético se ha convertido en un tema de interés mundial. El ritmo de los consumos energéticos es enorme y los pocos recursos que quedan en el planeta se agotan rápidamente. Según analistas en el tema, a esta velocidad en 50 años se verán prácticamente consumidas las reservas de petróleo, gas natural y uranio.

Prieto (2002) señala que el combustible principal de consumo humano es el petróleo, ya que aporta casi el 40% de la energía que el planeta utiliza. En los cálculos acerca de cuántos años nos quedan para disfrutar de este recurso, no solo se ha de tomar en cuenta el aumento de artefactos, vehículos e industrias que consumen la energía de este hidrocarburo, sino también el aumento de población que la utiliza.

Si tomamos en cuenta un 3% de crecimiento anual en los consumos y haciendo el análisis matemático correspondiente, se duplicará el gasto en apenas 25 años y por tanto, se acortarán las reservas en proporción. Como apunte, en las tres décadas de los años 60 al 90, la humanidad ha consumido, transformado o quemado más energía que en toda su historia anterior. Este modelo es inaguantable y agotará fuertemente las reservas antes de un cuarto de siglo.

Estas cifras suponen que los pobres del planeta, que representan el 75% de la población humana, y que apenas consumen el 25% de la energía, renuncian a conseguir un nivel de bienestar más alto, aceptando quedarse en los niveles de

consumo actuales. De lo contrario, el consumo mundial debería multiplicarse unas 9 veces y las reservas mundiales se acortarían en una proporción y con una rapidez que, sería imposible suministrar el 100% de la energía que se requiere para cubrir las necesidades básicas del planeta.

Aunque quedan apenas cuatro décadas para acabar con el petróleo, si se mantiene el ritmo de consumo actual (y ya se ha visto que no se mantiene, sino que en las últimas décadas ha crecido al menos un 2% acumulativo anual), el principal problema de la falta de energía empezará a manifestar sus síntomas, justo en cuanto la producción llegue a su pico máximo, que es mucho antes.

King Hubbert (2010), predijo en los años 50, con asombrosa exactitud, que los Estados Unidos llegarían a su pico máximo de producción de petróleo en 1970. Estados Unidos empezó su declive, precisamente ese año y hoy produce menos de la mitad que en 1970. (Ver figura 1.1).

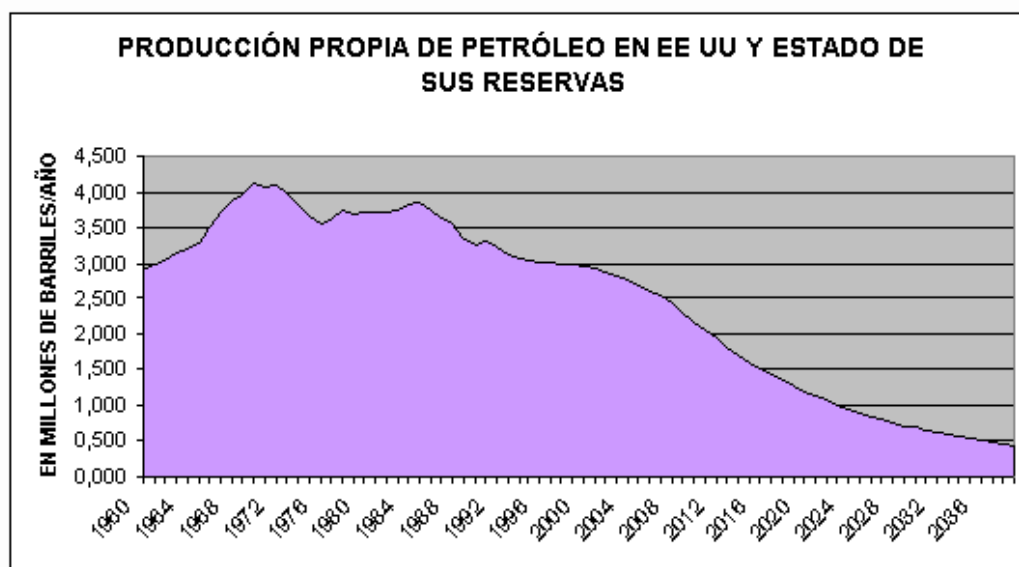
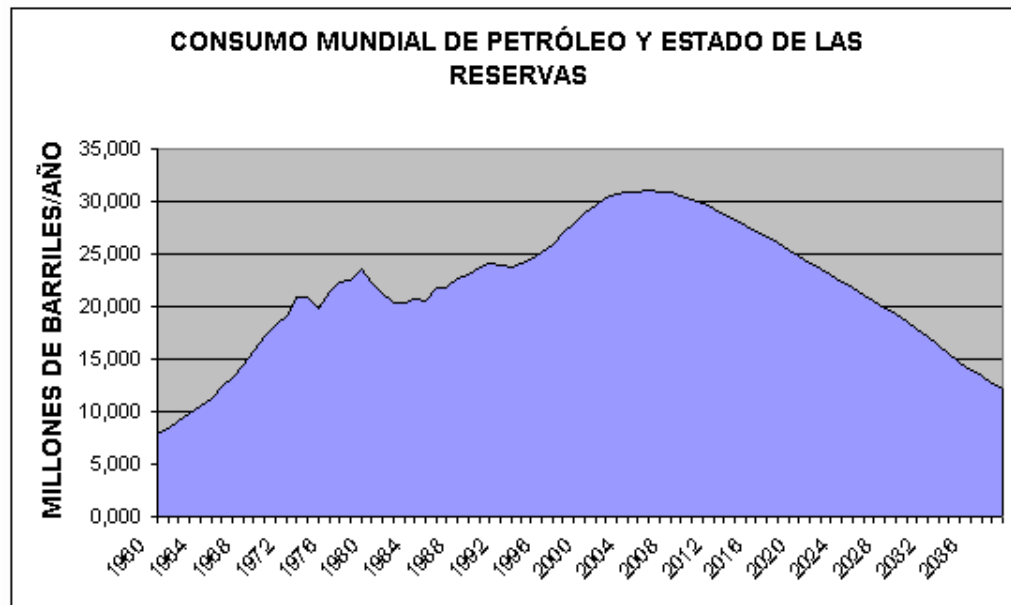


Figura 1.1 Producción propia de petróleo en Estados Unidos y sus reservas.

Fuente: Pedro A. Prieto. Crisis energética. España. (Octubre del 2002).

<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=200310091349456>

Las curvas de Hubbert predicen, según quien las interpreta, que el petróleo de todo el mundo llegó a su pico máximo de producción entre el 2004 y el 2010 (ver figura 1.2).



**Figura 1.2 Consumo mundial de petróleo y estado de las reservas.**  
Fuente: Pedro A. Prieto. Crisis energética. España. (Octubre del 2002).  
<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=200310091349456>

Según la Agencia Internacional de Energía (2010) las diferencias de interpretación sobre cuando se alcanza el pico para caer de forma inevitable, van en el caso de los más optimistas, hasta el 2015 o el 2030. Europa alcanza en estos momentos el pico máximo de producción, que Estados Unidos ya rebasó en 1970, pero al ser sus reservas totales menores y su consumo casi tan alto como el norteamericano, su declive será igualmente rápido (ver figura 1.3).

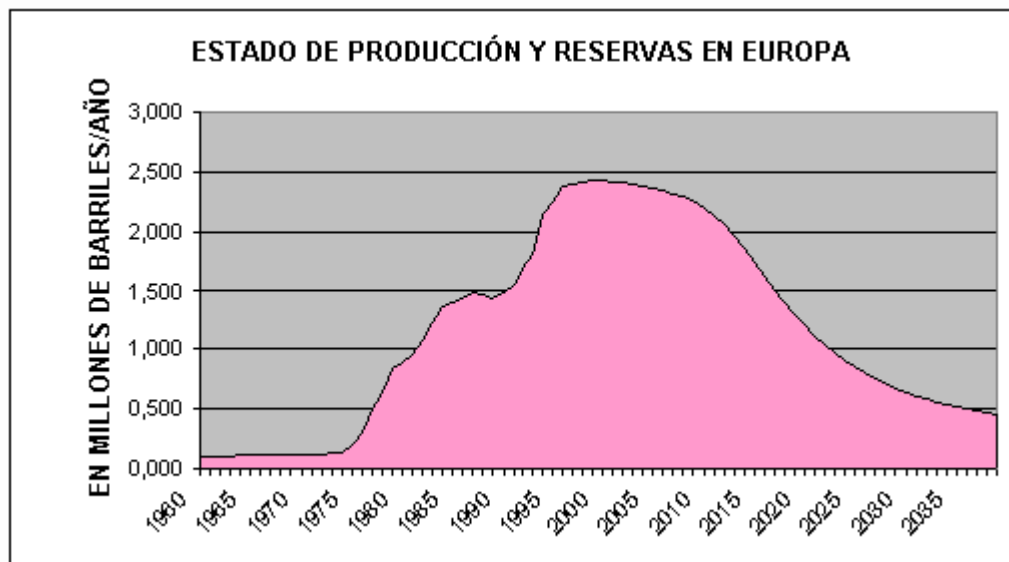


Figura 1.3 Estado de Producción y reservas en Europa.

Fuente: Pedro A. Prieto. Crisis energética. España. (Octubre del 2002).

<http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=200310091349456>

La demanda se dispara según crece la economía y muchos pozos mundiales ya están en franco declive. No menos de 14 de los 42 principales países están ya en la curva de caída de Hubbert y cada año se les extrae menos petróleo (ver figura 1.4). Lo más grave es que la quema de estos recursos genera toneladas de partículas contaminantes que crecen de manera exponencial, aunado al calentamiento del medio ambiente, lo que provoca un impacto importante en los recursos naturales del planeta así como en sus habitantes.

### Reservas mundiales de petróleo en billones de barriles. Enero 2007.

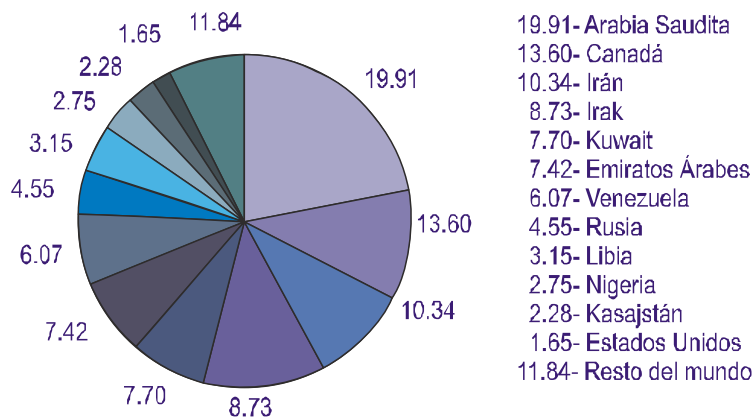


Figura 1.4 Reservas mundiales de petróleo en billones de barriles.  
King M. Hubbert y su metodología para el cálculo de las reservas petrolíferas.  
[www.hubbertpeak.com](http://www.hubbertpeak.com)

## 1.2 Alternativas energéticas

La demanda de electricidad, de acuerdo con las últimas previsiones realizadas en 2007, crecerá fuertemente entre 2004 y 2030. La producción a escala mundial crecerá un 2.4% anual en este periodo, de los 16,424 billones de kWh a los 30,364 billones. Estas diferencias se establecen teniendo en cuenta la mayor madurez de las infraestructuras eléctricas durante los próximos 25 años. Por otro lado, las progresivas mejoras en la condiciones de vida en muchos países en desarrollo conllevarán mayores demandas de electricidad.

En cuanto a las fuentes de producción de electricidad, se espera que el carbón siga siendo la principal materia prima utilizada, incluso en 2030, a pesar del crecimiento del gas natural. La generación de electricidad a partir del petróleo crecerá a un ritmo menor en los países de la OCDE (2010) debido al incremento de precios del crudo, mientras que en las economías menos desarrolladas llegará incluso a descender a un ritmo del 0.3% anual. Tan solo en Oriente Medio, donde las reservas son muy



abundantes, se continuará usando el petróleo como fuente fundamental de provisión de electricidad (CIEMAT 2006).

### 1.2.1 Gas Natural

Después del petróleo, el gas natural es el combustible de mayor demanda en el mundo. Se prevé un incremento promedio de 2.3% por año del 2002 al 2025. Durante el periodo 2004 a 2030 se proyecta un aumento en el consumo de gas del 63%, pasando de 100 trillones a 163 trillones de pies cúbicos.

La previsión es que el gas natural continúe como una importante fuente de suministro para la generación de energía eléctrica, debido especialmente a su uso en la industria, que asume casi la mitad del gasto de gas (44%) en el mundo. Esta elección se debe a que presenta una reducción en emisiones gaseosas. Casi el 50% del incremento de gas natural demandado entre el 2002 y 2025 irá a parar a la producción de electricidad. (Ver Figura 1.5).

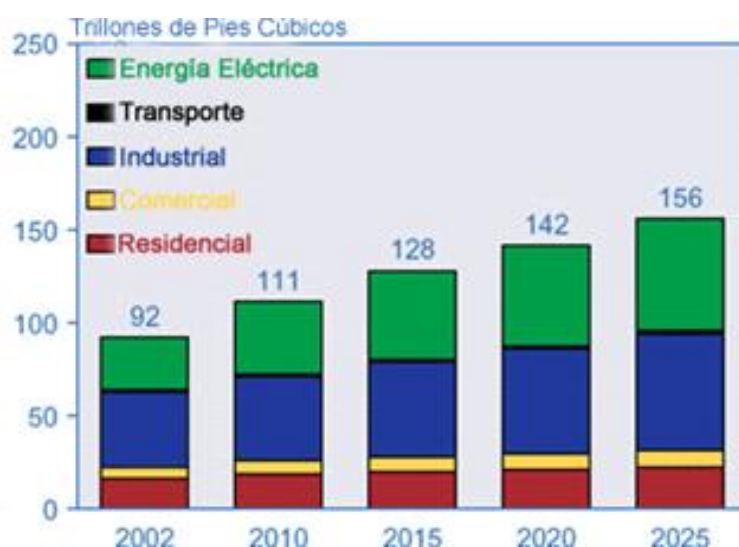


Figura 1.5 Consumo mundial de Gas Natural por sector consumidor final, 2002-2025  
Fuentes: 2002, Energy Information Administration (EIA), International Energy Annual 2002, DOE/EIA-0219(2002) (Washington, DC, March 2004), web site [www.eia.doe.gov/iea/](http://www.eia.doe.gov/iea/).  
Pronósticos: EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2005).

En Enero de 2007, las reservas de gas natural ascendían a 6,183 trillones de pies cúbicos (ver figura 1.6).

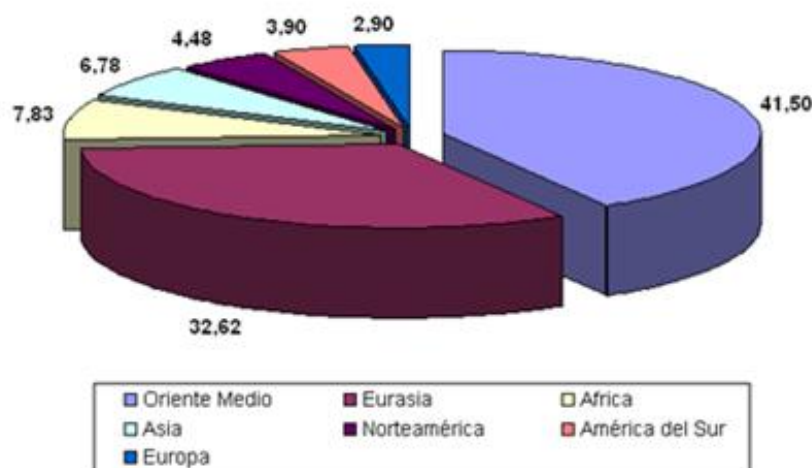


Figura 1.6 Reserva mundial de gas natural en trillones de pies cúbicos. Enero del 2007.  
Fuente: CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Ministerio de Ciencia e Innovación. España. (Febrero del 2006).

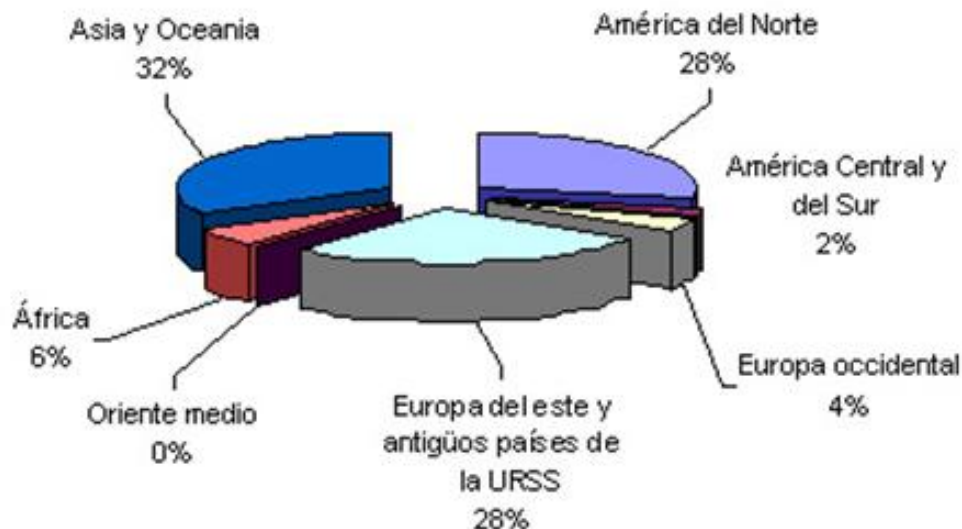
La principal reserva se encuentra de nuevo en los países de Oriente Medio, seguido por Europa del Este y los antiguos países de la Unión Soviética. A pesar de que los Estados Unidos cuentan con el 32.62% América del sur cuenta solo con el 3.90%.

### 1.2.2 Carbón

Entre los años 2004 y 2030, el consumo de carbón experimentará un crecimiento del 74%. Hasta el año 2015 el incremento medio del consumo será del 2.6%, crecimiento que se ralentizará hasta el 1.8% en el periodo 2015-2030. Aunque el incremento en el uso de este combustible es general para todas las zonas geográficas, son los países ajenos a la OCDE (2010) los responsables del 85% del incremento, ya que en las economías avanzadas el carbón continúa siendo sustituido por el gas natural y las energías renovables.

En el año 2004, el carbón supuso el 26% del consumo energético mundial. De esa cantidad, dos tercios fueron destinados a la producción de electricidad, un 31% al uso industrial y tan solo un 4% para usos residenciales y comerciales. Las previsiones del informe de 2007 indican que para el año 2030 la importancia relativa del carbón crecerá 2 puntos (hasta el 28%), y su participación en la producción de energía eléctrica a escala mundial crecerá del 43 al 45%.

Aunque en la actualidad el carbón es la segunda fuente emisora de dióxido de carbono por detrás del petróleo, se espera que para 2010 ya sea la primera. La responsabilidad del carbón sobre las emisiones de gases de efecto invernadero crecerá hasta el final del periodo de referencia, cuando alcance el 43% de las emisiones, frente al 36% del petróleo o el 21% del gas natural. En enero de 2005, las reservas de carbón en el mundo se reparten tal y como se muestra en la figura 1.7:



**Figura 1.7 Reservas de carbón en el mundo. Enero 2005**  
Fuente: CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.  
Ministerio de Ciencia e Innovación. España. (Febrero del 2006).

### 1.2.3 Energía Nuclear

Se prevé que la generación eléctrica a partir de energía nuclear se incremente a una tasa media del 1.3% anual desde 2004 a 2030 (ver figura 1.8). Esto contrasta con algunas previsiones anteriores que vaticinaban un descenso de la importancia de la nuclear, ya que se tenía en cuenta el desmantelamiento de muchas de las actuales instalaciones pero no el incremento de los combustibles fósiles o la preocupación por las emisiones de gases de efecto invernadero.

En los mercados emergentes, el consumo de electricidad a partir de la energía nuclear aumentará en un 4.9% al año, ente 2002 y 2025. Concretamente en Asia, se espera el mayor incremento en instalaciones nucleares, por encima de las previsiones, representando el 96% del total del incremento de energía nuclear para este tipo de países (China, India y Corea del Sur).

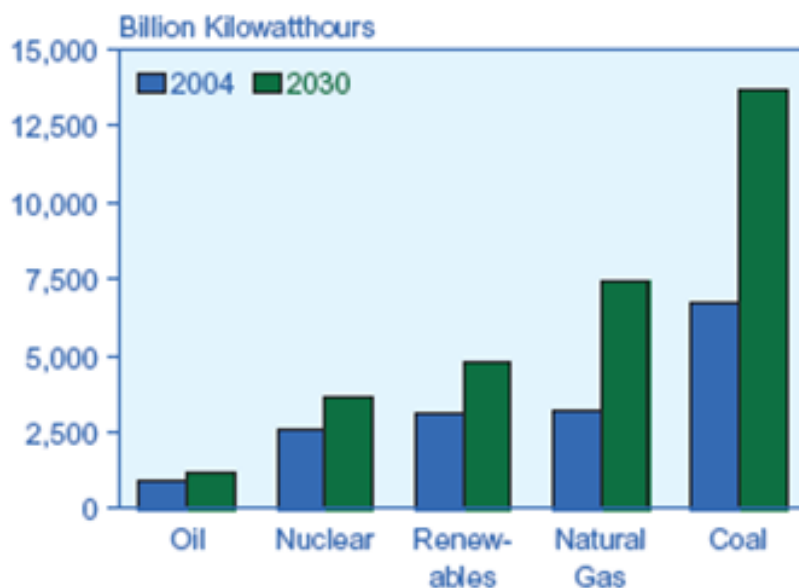


Figura 1.8 Generación eléctrica mundial. 2004 y 2030.  
Fuentes: Derived from Energy Information Administration (EIA),  
International Energy Annual 2004 (May-July 2006),  
Web site: [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea).  
EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2007).

#### 1.2.4 Impacto ambiental de la producción energética

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los gases invernadero que permanecen durante más tiempo en la atmósfera. Las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por el hombre provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía, siendo el centro del debate del cambio climático. Las emisiones de CO<sub>2</sub> que están previstas es que aumenten de 26.9 billones de toneladas en 2004 a 33.9 en 2015 y 42.9 en 2030. (Ver figura 1.9).

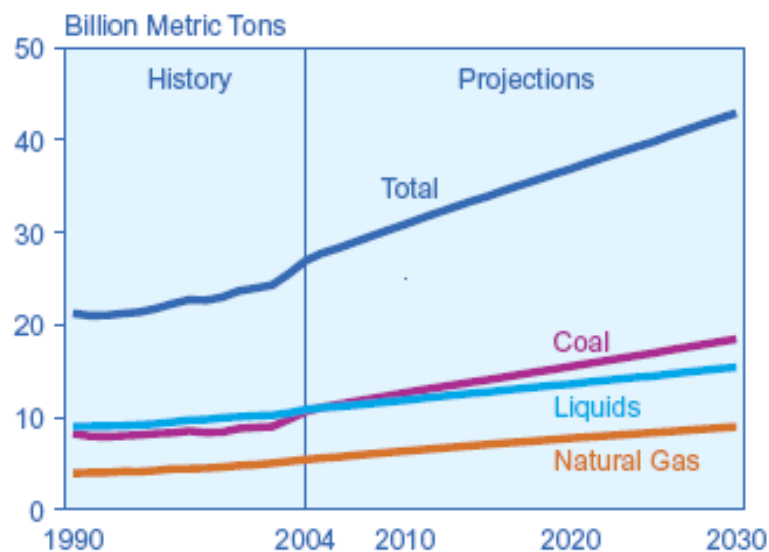


Figura 1.9 Emisiones de dióxido de Carbono. 1990 – 2030.  
Fuentes: Historial: Energy Information Administration (EIA),  
International Energy Annual 2004. (May-July 2006).  
Web site: [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea).  
Proyecciones: EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets (2007).

Se marca un promedio de crecimiento del 1.8% entre 2004 y 2030. El incremento será menor en los países de la OCDE (0.8%) que en los no pertenecientes (2.6%). Entre los primeros, será México el que experimente un crecimiento mayor (2.3%), mientras que el mayor crecimiento a escala mundial lo ostentará China, cuyas emisiones crecerán un 3.4% debido a su fuerte dependencia de los combustibles

fósiles, especialmente el carbón. De hecho, en 2010 superará a Estados Unidos como principal emisor, y para el año 2030 superará el volumen emitido por los norteamericanos en un 41%.

La quema de los combustibles fósiles está directamente involucrada en los aumentos de temperatura del planeta, y según el *Tercer informe de evaluación del cambio climático 2001*, publicado por el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, se menciona que estos aumentos han influido mucho en los sistemas físicos y biológicos en el mundo, entre los cuales puede citarse la contracción de glaciares, deshielos prematuros de ríos y lagos, así como la disminución de poblaciones de animales y plantas.

Este informe prevé que dentro de los múltiples impactos de dicho calentamiento, también aumentará la demanda de energía para enfriar los espacios habitables.

### **1.3 Energías renovables**

Las fuentes renovables de energía se basan en los ciclos naturales del planeta. Son aquellas que se regeneran y usadas con responsabilidad no destruyen el medio ambiente. La electricidad, calefacción o refrigeración generadas por las fuentes de energías renovables, consisten en el aprovechamiento de los recursos naturales como el sol, el viento y los residuos agrícolas u orgánicos. Incrementar la participación de las energías renovables, asegura una generación de electricidad sostenible a largo plazo, reduciendo la emisión de CO<sub>2</sub>. Aplicadas de manera socialmente responsable, pueden ofrecer oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas y promover el desarrollo de tecnologías locales.

La previsión para el periodo 2004-2030 es que continúen creciendo a razón de 1.7% anual. Son muchos los gobiernos que están llevando a cabo políticas de fomento

de las energías renovables, incluso en situaciones en las que no podrían competir con los combustibles fósiles debido a su rentabilidad.

No obstante, y a pesar de este crecimiento, las energías renovables perderán importancia relativa en la generación de electricidad a escala mundial: del 19% de 2004 al 16% de 2030, debido al mayor aumento en el uso del carbón y del gas natural. Lee (2009) señala que aún con los anteriores datos, actualmente en los Estados Unidos representan el 7% del abasto energético (ver figura 1.10)

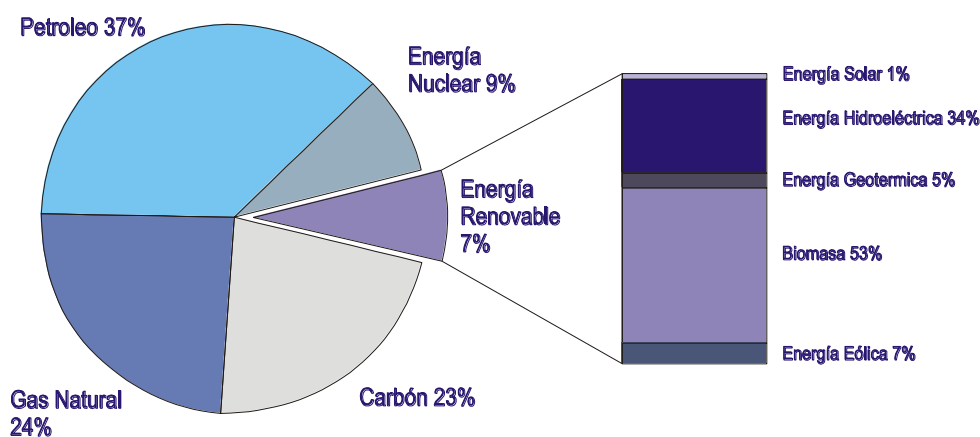


Figura 1.10 Energías renovables en los Estados Unidos.  
Fuente: Energy Information Administration (EIA).  
Web site: [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea).

### 1.3.1 Energía eólica

Históricamente las primeras aplicaciones de la energía eólica fueron la impulsión de navíos, la molienda de granos y el bombeo de agua, y sólo hasta finales del siglo pasado la generación de energía eléctrica. Actualmente las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en electricidad por medio de aspas o hélices que hacen

girar un eje central conectado, a través de una serie de engranajes (la transmisión) a un generador eléctrico (Rodríguez, 2010).

Es la fuente de energía que está creciendo más rápidamente y, si los gobiernos le aseguran el apoyo necesario, podría cubrir en el 2020 el 12% de toda la electricidad mundial. La energía eólica requiere condiciones de intensidad y regularidad en el régimen de vientos para poder aprovecharlos. Se considera que vientos con velocidades promedio entre 5 y 12.5 metros por segundo son los aprovechables.

Existen varias ventajas competitivas de la energía eólica con respecto a otras opciones, como son:

- Las tecnologías de la energía eólica se encuentran desarrolladas para competir con otras fuentes energéticas.
- El tiempo de construcción es menor con respecto a otras opciones energéticas.
- Al ser plantas modulares, son convenientes cuando se requiere tiempo de respuesta de crecimiento rápido.

La investigación y desarrollo de nuevos diseños y materiales para aplicaciones en aerogeneradores eólicos, hacen de esta tecnología una de las más dinámicas, por lo cual constantemente están saliendo al mercado nuevos productos más eficientes con mayor capacidad y confiabilidad.

### **1.3.2 Energía solar**

La energía solar que recibe nuestro planeta es resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del sol. Esa radiación solar se puede transformar directamente en electricidad (solar eléctrica) o en calor (solar térmica). El calor, a su vez, puede ser utilizado para producir vapor y generar electricidad.



#### *1.3.2.1 Energía solar eléctrica*

La energía del sol se transforma en electricidad mediante celdas fotovoltaicas, aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores. El material base para la fabricación de la mayoría de las celdas fotovoltaicas es el silicio y la nueva tecnología ya permite imprimirlas. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%. Aún así, un metro cuadrado puede proveer potencia suficiente para operar un televisor mediano. Para poder proveer de energía eléctrica en las noches, las celdas fotovoltaicas requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día.

En la actualidad se están desarrollando sistemas fotovoltaicos conectados directamente a la red eléctrica, evitando así el uso de baterías, por lo que la energía que generan se usa de inmediato.

#### *1.3.2.2 Energía solar térmica*

Los sistemas solares térmicos pueden clasificarse en planos o de concentración o enfoque. Los sistemas solares planos son dispositivos que se calientan al ser expuestos a la radiación solar y transmiten el calor a un fluido (agua, por ejemplo). Con el colector solar plano se pueden calentar fluidos a temperaturas de hasta 200° C pero, en general, se aprovecha para calentar hasta los 75° C.

Los sistemas solares de concentración son aquellos que funcionan enfocando la radiación solar en un área específica, en un punto o a lo largo de una línea.

En algunas centrales solares termoeléctricas concentran la radiación solar utilizando para ello espejos, y mediante distintas tecnologías proporcionan calor a media o alta temperatura (en casos especiales, hasta miles de grados). Ese calor se utiliza para generar electricidad, del mismo modo que en una central termoeléctrica. El

calor solar recogido durante el día se puede almacenar, de forma que durante la noche o cuando está nublado se puede igualmente estar generando electricidad. Este conjunto de dispositivos requiere de procedimientos o mecanismos de seguimiento, ya que la línea de incidencia del sol varía durante el día y durante el año.

### **1.3.3 Energía geotérmica**

La energía geotérmica se obtiene aprovechando el calor que emana de la profundidad de la Tierra. Solano (2007) menciona que nuestro país ocupa el tercer lugar mundial, después de Estados Unidos y Filipinas, en generación eléctrica geotérmica con 855 MW de potencia instalada. La energía geotérmica se produce cuando el vapor de los yacimientos es conducido por tuberías. Al centrifugarse se obtiene una mezcla de agua y vapor seco, el cual es utilizado para activar turbinas que generan electricidad. Es una energía limpia y el calor también se puede aprovechar para usos térmicos.

### **1.3.4 Biomasa**

La biomasa se refiere a la madera, a las cosechas, a los residuos de la cosecha o a la basura del arbolado urbano que se quema para hacer girar las turbinas y obtener electricidad. Biogás se le llama al metano que se puede extraer de estos residuos en un generador de gas o un digestor.

El biogás se puede también extraer del abono animal y puede ser quemado para producir electricidad. Los combustibles de la biomasa y del biogás se pueden almacenar para producir energía.

La biomasa es potencialmente carbón neutro porque el dióxido de carbono que se emite cuando es quemado es igual a la cantidad que fue absorbida de la atmósfera mientras que la planta creció. Hay bastante biomasa para proporcionar un porcentaje significativo de la electricidad generada. Asimismo se realizan estudios de diversas

alternativas para minimizar los problemas de emisiones tóxicas en los procesos de combustión (CIEMAT 2010). Usar este combustible podría también reducir el consumo del combustible fósil y la contaminación atmosférica. Desafortunadamente, la mayoría de los residuos agrícolas se quema actualmente al aire libre.

De ninguna manera se incluyen como biomasa los desechos sólidos, peligrosos, hospitalarios u otro tipo de basura que produzca contaminación atmosférica, como la quema llantas. De igual forma, por la incertidumbre que rodea el tema, se descartan los residuos de cosechas modificadas genéticamente.

### **1.3.5 Energía hidráulica**

La energía hidráulica es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas.

Se puede transformar a muy diferentes escalas. Existen desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve un rotor de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de represas, aunque estas últimas no son consideradas formas de energía verde por el alto impacto ambiental que producen (Rodríguez B. 2009).

Cuando el Sol calienta la Tierra, además de generar corrientes de aire, hace que el agua de los mares, principalmente, se evapore y ascienda por el aire y se mueva hacia las regiones montañosas, para luego caer en forma de lluvia. Esta agua se puede coleccionar y retener mediante presas. Parte del agua almacenada se deja salir para que se muevan los álabes de una turbina engranada con un generador de energía eléctrica.

## 1.4 La energía renovable en México

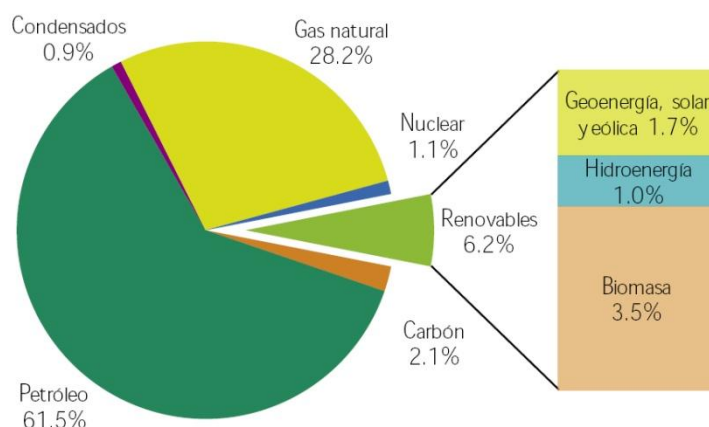
En la ciudad de México, como en muchas otras, se gastan millones de pesos para suministrar el servicio eléctrico. Con el uso frecuente de aparatos que simplifican la vida doméstica y laboral, así como aquellos que nos introducen al entretenimiento y la comunicación, el funcionamiento de los inmuebles demanda grandes cantidades de energía para resolver la vida diaria.

Según el Balance Nacional de Energía 2009, publicado por la Secretaría Nacional de Energía (SENER) en nuestro país, La principal fuente de producción energética pertenece a los hidrocarburos con un total del 90.5%, de la cual el 67.9% corresponde al petróleo crudo y el 31.1% al gas natural, y donde se señala que la quema de hidrocarburos son la principal causa de la emisión de gases altamente contaminantes y responsables del efecto invernadero (ver tabla 1.1).

	2008	2009	Variación porcentual (%) 2009/2008	Estructura porcentual	
				2008 %	2009 %
<i>Total</i>	<i>10,284.55</i>	<i>9,852.92</i>	<i>-4.2</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
Carbón	229.30	212.00	-7.5	2.2	2.2
Hidrocarburos	9,278.03	8,920.38	-3.9	90.2	90.5
Petróleo crudo	6,520.85	6,058.73	-7.1	63.4	61.5
Condensados	91.45	86.08	-5.9	0.9	0.9
Gas natural	2,665.74	2,775.57	4.1	25.9	28.2
Nucleoenergía	106.64	112.75	5.7	1.0	1.1
Renovables	670.58	607.80	-9.4	6.5	6.2
Hidroenergía	140.01	95.20	-32.0	1.4	1.0
Geoenergía	162.83	155.53	-4.5	1.6	1.6
Energía solar	5.62	6.75	20.2	0.1	0.1
Energía eólica	0.94	0.91	-2.2	0.0	0.0
Biomasa	361.18	349.40	-3.3	3.5	3.5
Bagazo de caña	99.13	88.73	-10.5	1.0	0.9
Leña	262.05	260.68	-0.5	2.5	2.6

**Tabla 1.1 Producción de energía primaria, Fuente: Sistema de información energética, Balance Nacional de energía, SENER, Web site: [www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia](http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia)**

En este balance solamente el 6.2% pertenece a energías renovables en donde el 3.5% corresponde a la biomasa, el 1.7% a la geoenergía, solar y eólica, y solamente el 1% corresponde a la hidroenergía (ver figura 1.11).



**Figura 1.11 Estructura de la producción de energía primaria 2009, en México.**  
**Fuente:** Sistema de información energética, Balance Nacional de Energía 2009, SENER. Web site: [www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia](http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia)

Es importante destacar que en el consumo final de la energía que se produce en México, el 19% pertenece al sector residencial, comercial y público (ver tabla 1.2).

	2008	2009	Variación porcentual (%) 2009/2008	Estructura porcentual	
				2008 %	2009 %
Consumo final total	5,129.43	4,795.24	-6.5	100	100
Consumo no energético total	221.33	227.17	2.6	4.3	4.7
Petroquímica de Pemex	110.05	115.78	5.2	2.1	2.4
Otras ramas	111.28	111.39	0.1	2.2	2.3
Consumo energético total	4,908.10	4,568.07	-6.9	95.7	95.3
Transporte	2,433.35	2,224.50	-8.6	47.4	46.4
Industrial	1,402.93	1,283.62	-8.5	27.4	26.8
Residencial, comercial y público	922.68	913.42	-1.0	18.0	19.0
Agropecuaria	149.15	146.53	-1.8	2.9	3.1

**Tabla 1.2 Consumo final total de energía en México.** Fuente: Sistema de información energética, Balance Nacional de Energía 2009, SENER.  
 Web site: [www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia](http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia)

Al mismo tiempo el crecimiento desmedido de la población exige un mayor número de viviendas y de infraestructura urbana para dar abasto a las necesidades de los habitantes. Lo anterior se traduce en la expansión de la mancha urbana; con nuevas casas, edificios y calles que necesitan energía; misma que se obtiene a través de plantas generadoras, que aumentan día a día los costos en los suministros y que por lo general se encuentran a miles de kilómetros de distancia de su destino final. El impacto que generan los asentamientos humanos en el planeta, y el interés por disminuir los altos consumos, han despertado la búsqueda de nuevas alternativas que no sólo ayuden a cubrir al menos una parte de éstos, sino que también den origen a edificaciones más responsables con el entorno.

#### 1.4.1 Alternativas productoras de energía

Zuk et al. (2006) señalan que según el Instituto Nacional de Ecología, para el año 2025 se espera que la demanda mundial de energía eléctrica se duplique con una tasa de crecimiento anual de 2.3% y, de conservarse la tendencia actual de consumo de combustibles para generarla, se prevé que para ese año los combustibles fósiles (carbón, gas natural y derivados del petróleo) proporcionarán el 69% de la energía eléctrica (ver tabla 1.3).

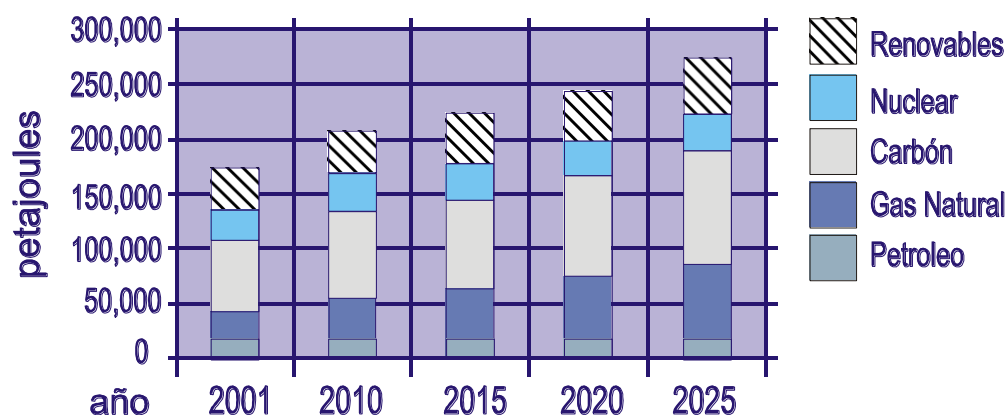


Tabla 1.3 Consumos de energía en México 2001 – 2025.

Fuente: Zuk M. Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México. Primera edición 2006 México. Sistema de publicaciones del Instituto Nacional de Ecología.

Aún con los anteriores datos, actualmente en México las energías renovables tienen una capacidad efectiva de 12,184.65 mega watts (MW), según la Secretaría de Energía (2010). (Ver tabla 1.4).

Capacidad efectiva de energías renovables en México, CFE  
(Mega Watts)

Descripción	Enero 2010	Febrero 2010	Marzo 2010
Geotérmica	964.500	964.500	964.500
Eólica	85.250	85.250	85.250
Hidroeléctrica	11, 134.900	11, 134.900	11, 134.900
Total	12,184.650	12,184.650	12,184.650

Sistema de Información Energética

**Tabla 1.4 Energías renovables en México.**  
**Fuente: Secretaría de Energía. Sistema de Información energética.**  
**México. Sitio web: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>**

La búsqueda de nuevas alternativas en temas energéticos ha dado como resultado desarrollos tecnológicos de gran importancia. Uno de éstos es la transformación directa de luz solar a energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas llamadas comúnmente celdas solares. Alcazar (1987) menciona que desde el descubrimiento del efecto fotovoltaico, el desarrollo de dichos dispositivos fue acelerado por programas espaciales y ha logrado un aumento muy considerable en sus rendimientos, hasta nuestros días.

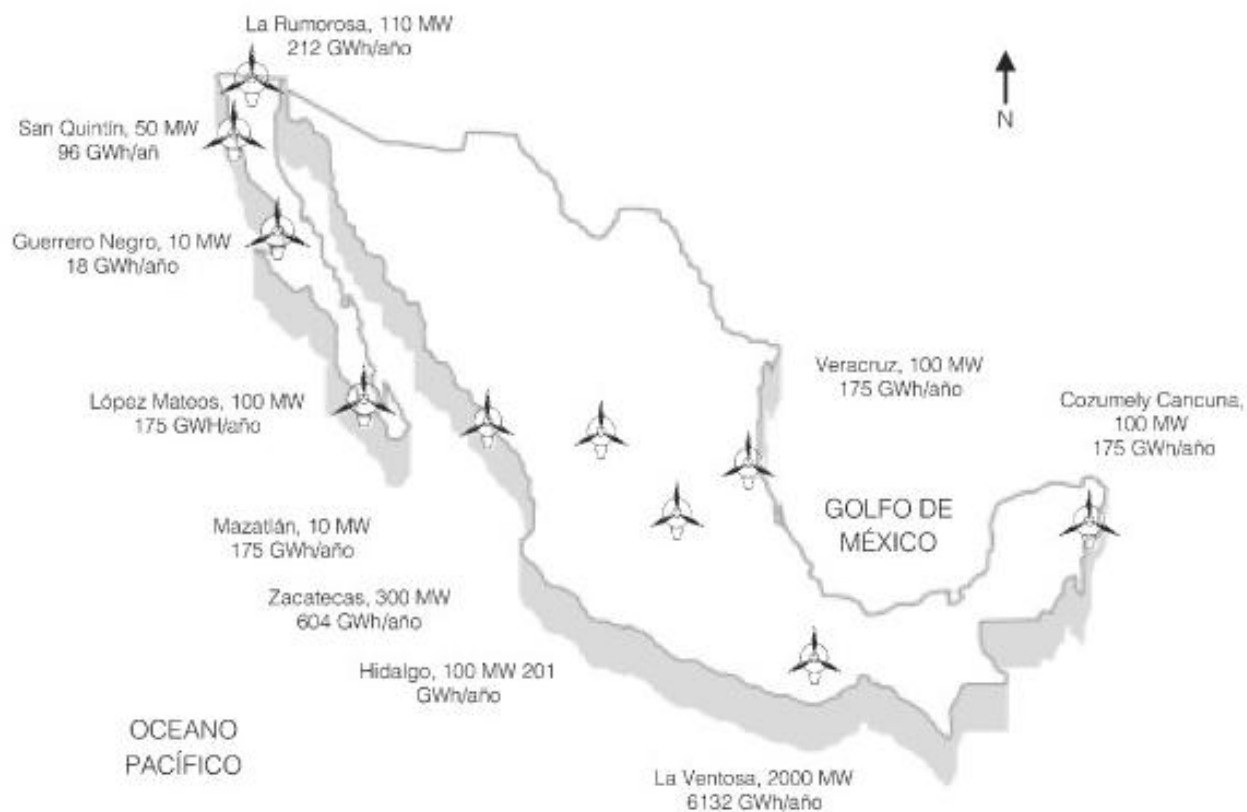
El Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México cuenta con un departamento de materiales solares en donde se estudia el desarrollo de los materiales fotovoltaicos, dispositivos ópticos y optoelectrónicos así

como la evaluación de sistemas fotovoltaicos. Aunque en la actualidad su aplicación todavía no alcanza porcentajes significativos en la demanda energética del país.

Otro desarrollo tecnológico importante es la generación de energía eléctrica mediante el uso de la energía cinética del viento. El desarrollo de los sistemas de aerogeneración es relativamente reciente, ya que fue hasta el siglo XIX cuando se construyó la primera turbina eólica para la producción eléctrica (Jiménez, 2009). En México el primer programa de aprovechamiento de este tipo de energía se realizó en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (2010) en febrero de 1977, y a mediados de 1994 entró en operación en *la Venta, Oaxaca*, una central eólica constituida por 7 aerogeneradores, la cual representó la primera experiencia para Comisión Federal de Electricidad en nuestro país (Rodríguez B., 2009).

México cuenta con un enorme potencial eólico. Entre los sitios identificados con viento de alta calidad se encuentran sus zonas costeras, especialmente en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Oaxaca y Yucatán. Desafortunadamente, dicho potencial se ha explotado poco. Existen zonas rurales con potencial para la generación de energía a partir de los vientos en México, considerando los aspectos sociales y económicos involucrados en el desarrollo de proyectos de energía eólica (ver figura 1.12). Además del desarrollo tecnológico requerido, se deben fortalecer los aspectos legales que fomenten e incentiven la producción de energía eólica, y establecer regulaciones y normas ambientales que protejan al ambiente y a las poblaciones silvestres (González A., 2006).





**Figura 1.12 Potencial Eólico en México no explotado.**

**Fuente:** GONZALEZ-AVILA, María Eugenia, BELTRAN-MORALES, Luis F, TROYO-DIEGUEZ, Enrique *et al.* "Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México." [En línea]. Abril 2006, vol.31, no.4 [citado 02 Mayo 2010], p.240-245.

## 1.5 Innovaciones en el mundo

A pesar de las propuestas anteriores, la problemática actual referente a los altos consumos y al desabasto energético, invita a la búsqueda de las frecuentes innovaciones en este tema. Como ejemplo Olín (2008) menciona que algunas empresas mexicanas como *Ecos Innovations* están haciendo un esfuerzo por desarrollar líneas de lámparas de leds para dar mayor eficiencia a los sistemas de alumbrado, ahorrando hasta un 75% en los consumos tradicionales. También podemos mencionar un sinnúmero de artefactos que no solo ahorran energía, sino que además la utilizan de manera muy eficiente, como ejemplo existe el desarrollo de una ventana que no solo proporciona una visión clara a través de ella, sino que utiliza de manera eficaz la luz solar para proporcionar energía a la construcción de la que forma parte (Thomson 2008).

Asimismo Gourlay (2008) publicó en la revista *Times online* que un grupo de ingenieros del Reino Unido desarrolló un proyecto para recuperar la energía producida por los pasos de cualquier humano, sobre un suelo tecnológicamente preparado para ello.

El efecto piezoeléctrico es un fenómeno físico por el cual aparece una diferencia de potencial eléctrico entre las caras de un cristal cuando éste se somete a una presión mecánica (ver figura 1.13). Tomando este principio, en la ciudad de Tokio, la empresa *East Japan Railway Company* intenta producir electricidad a gran escala colocando dispositivos piezoeléctricos en siete de las compuertas de entrada al metro para generar lo que calculan serían la electricidad suficiente para iluminar los carteles electrónicos de la estación. Esta electricidad será producida por la presión que ejercen las personas al pasar sobre los dispositivos piezoeléctricos cuando cruzan las compuertas. Si funcionan las pruebas de esta tecnología se utilizarán en otras estaciones de trenes, transportes y aeropuertos de Japón (Ogasawara 2008).



**Figura 1.13 Dispositivos piezoeléctricos.**

**Fuente:** Pedestrians generate electricity at shibuya station

**December 8<sup>th</sup>, 2008. [En línea].**

**[http://www.digitalworldtokyo.com/index.php/digital\\_tokyo/articles/pedestrians\\_generate\\_electricity\\_at\\_shibuya\\_station/](http://www.digitalworldtokyo.com/index.php/digital_tokyo/articles/pedestrians_generate_electricity_at_shibuya_station/)**

La problemática actual a en materia de energía se agrava día con día, pero también da pie a las nuevas alternativas renovables y a la búsqueda de innovaciones que abren una gama más extensa de opciones para lograr satisfacer las necesidades de los habitantes del planeta. Esta constante búsqueda anima a los constructores de todo el mundo a encontrar nuevas formas de edificar y aprovechar los recursos que la tecnología pone al alcance.

# Capítulo 2

## Agua y energía en inmuebles habitables

### 2.1 Edificios autosustentables

El rumbo que toman los desarrollos tecnológicos en temas energéticos, llevan a realizar el siguiente cuestionamiento: ¿y si la energía pudiera obtenerse justo en el mismo lugar donde se consume? Esto no sólo trata de sintetizar todas las formas posibles de generación energética, sino también de la adaptación de nuevas tecnologías a los edificios, lo que implica un cambio radical en la manera de diseñar los elementos que componen cada parte de la construcción, incluyendo la reorganización en sus instalaciones.

En la revista *Este país* (2008) se menciona que los consumos finales de la energía que satisface las necesidades de actividades productivas en el país, contemplan un alto porcentaje, tanto en el área residencial como en la industria, donde se consume más del 45% del total (ver figura 2.1).

Día con día se proponen nuevas opciones para mejorar los sistemas constructivos, elevar la eficiencia en la mano de obra y la integración de nuevos materiales. Las mejoras en los sistemas de instalaciones, ya sean hidrosanitarias, eléctricas, aire acondicionado, telefonía, o redes de cómputo, aumentan la gama de posibilidades para obtener mayor confort en los espacios habitables y al mismo tiempo lograr una reducción en los consumos de servicios vitales, ya que los deficientes diseños en las obras tradicionales provocan un uso excesivo de éstos.

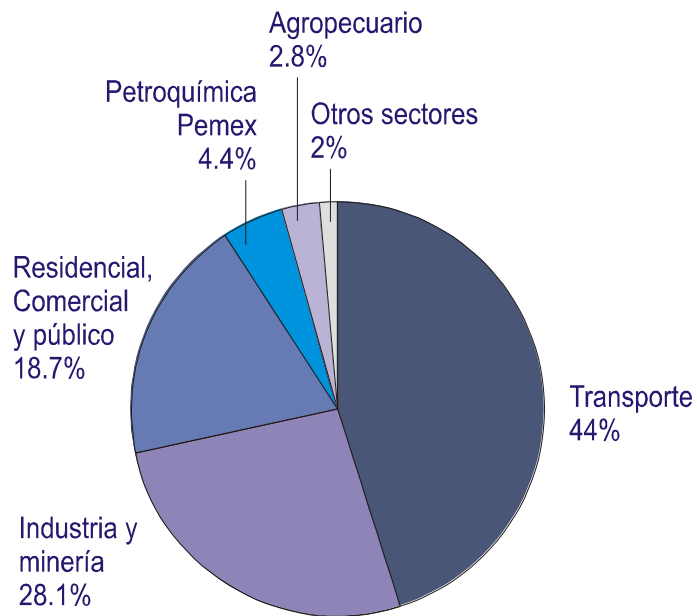


Figura 2.1 Consumo final de energía por destino, 2006.

Fuente: "El sector energético en México" Revista Este país. No. 205, Abril del 2008. Pp. 99-104

Es importante mencionar que aún en las construcciones existentes se pueden aplicar recursos innovadores. Las ciudades están en constante cambio, adecuándose a las nuevas necesidades de los usuarios, y es ahí donde se aplica lo último en tecnología para la readaptación de los espacios. La suma de paneles solares, energía eólica, biogás, y cualquier energía que pudiera producirse con los movimientos generados en el uso del inmueble, acercan al humano a lo que en un futuro podría llamarse "*el edificio energéticamente autosustentable*", sin depender de suministros externos para cubrir todos sus requerimientos.

El término "autosustentable" en la arquitectura, es usado para referirse a edificaciones, que tratan de aprovechar al máximo los recursos y las energías existentes en la naturaleza, con la finalidad de hacer el menor daño posible al medio ambiente.

Autosustentable significa “sustentarse a sí mismo” y en el diseño arquitectónico lo que se propone es hacer arquitectura razonable, conciente y generosa con la naturaleza; este tipo de edificios busca la optimización en el uso de materiales y energía. Algunas de las características a tomar en cuenta, en el diseño arquitectónico autosustentable son las siguientes:

- Proyectar la obra de acuerdo al clima local.
- Pensar en fuentes de energía renovables.
- Utilizar materiales obtenidos localmente.
- Utilizar materiales reciclables.
- Generar la menor cantidad posible de contaminantes entre otros.

Pastorelli (2010) menciona que cada año, the American Institute of Architects (AIA) y su Comité de Medio ambiente, anuncian los 10 mejores ejemplos de arquitectura sustentable. Lo cual significa un esfuerzo por impulsar un nuevo modo de construir, consumiendo las mínimas cantidades de recursos y otorgando un mayor respeto por la naturaleza.

Dentro de los proyectos reconocidos que van desde viviendas unifamiliares hasta edificios de gran tamaño, destacan el uso de iluminación natural, recursos para lograr mayor eficiencia energética, así como el reciclaje de agua y reducción en los consumos de la misma. A nivel mundial se están realizando obras con desarrollos tecnológicos importantes en este tema, de los cuales anexamos algunas fichas técnicas.

Con lo anterior podemos mencionar que ya sea una construcción de mayor o menor escala; a nivel mundial se está apostando por una nueva arquitectura que agote absolutamente todos los recursos generadores que estén a su alcance.

## 2.2 Ejemplos actuales

### 2.2.1 *Bahrein World Trade Center – Manama – Bahrein*

Este rascacielos cuenta con una producción propia de energía eólica y solar, y con 3 aerogeneradores que producen 1.3 GWh por año, lo que representa el 15% de la electricidad que necesitan ambas torres.

El edificio ubicado frente al mar aprovecha los movimientos de viento del Golfo Pérsico, y las torres están diseñadas de tal manera que canalizan el viento hacia los aerogeneradores produciendo un efecto de embudo y lograr que las hélices reciban mayor cantidad de aire y por lo tanto generen más energía.

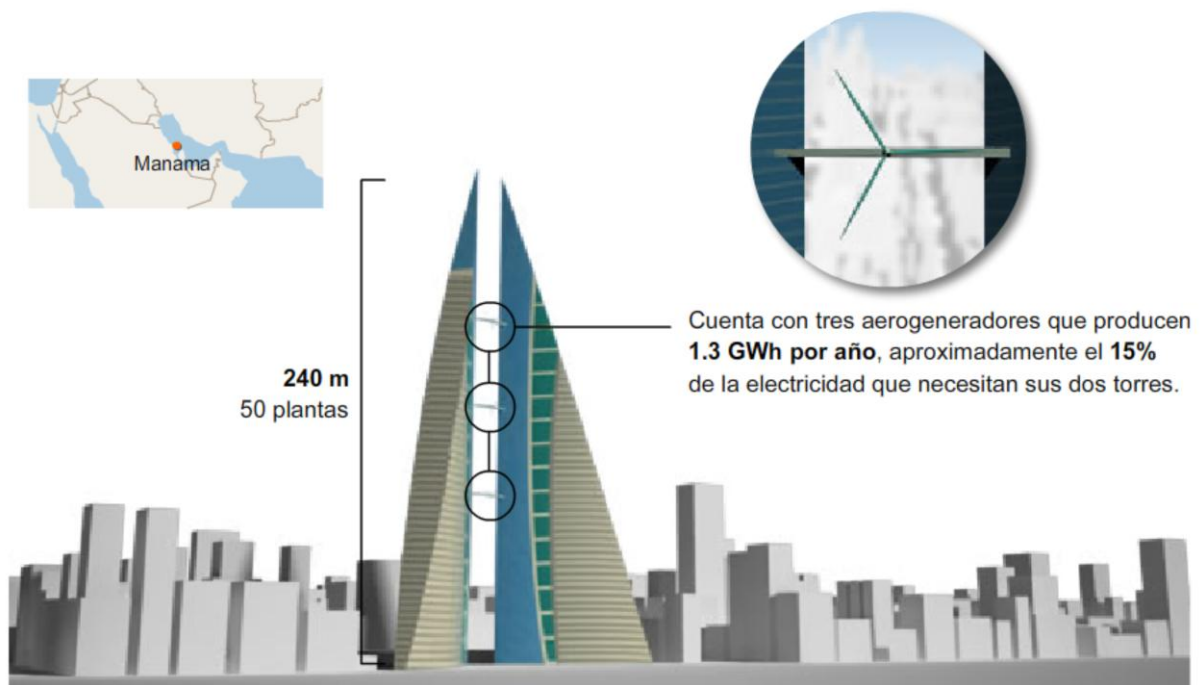


Figura 2.2 Bahrein World Trade Center.

Fuente: Giuliano Pastorelli. "Top 10 de edificios sustentables AIA".

Revista Muebles y Decoración. (22 de abril del 2010).

<http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html>

### 2.2.2 Dinamic Tower – Dubai – Emiratos Árabes Unidos

Este rascacielos contempla módulos prefabricados, energéticamente autosustentable gracias al aprovechamiento de su ubicación, su altura y al uso de tecnología ecológica. Cada módulo corresponde a una planta del edificio de 80 niveles, que giran independientes 360° a voluntad de los residentes.

El techo de cada uno de los niveles está cubierto por paneles de energía solar y entre cada módulo existen espacios donde se ubican hélices para aprovechar la energía del viento.

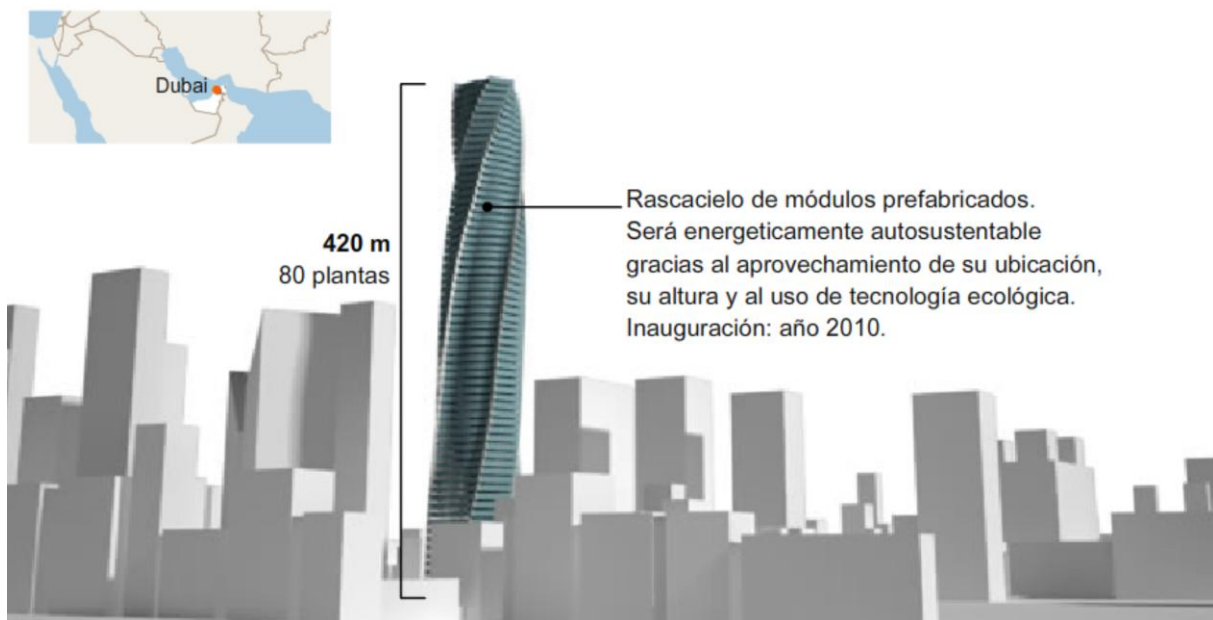


Figura 2.3 Dinamic Tower, Dubai.

Fuente: Giuliano Pastorelli. "Top 10 de edificios sustentables AIA".

Revista Muebles y Decoración. (22 de abril del 2010).

<http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html>



### 2.2.3 Pearl River Tower – Guangzhou – China

Las fachadas completas de este edificio están cubiertas de paneles solares translúcidos que harán las veces de ventanas dejando pasar la luz natural. También está diseñado con tres divisiones en su forma, en el espacio formado entre ellas cuenta con turbinas eólicas que incrementarán su producción energética. Se calcula que este edificio es capaz de producir mayor energía de la que requiere.



Figura 2.4 Pearl River Tower, China.

Fuente: Giuliano Pastorelli. "Top 10 de edificios sustentables AIA".

Revista Muebles y Decoración. (22 de abril del 2010).

<http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html>

## 2.3 Generación energética dentro de un edificio.

La reorganización arquitectónica para el mejor aprovechamiento de los suministros que se consumen, abre la puerta a una búsqueda de los recursos que el mismo edificio pueda producir. Para hablar de este tema, es importante recordar que la energía se produce gracias a dos variantes importantes: los procesos químicos y el movimiento.

Si analizamos un edificio en uso, ya sea habitacional, comercial, industrial o de cualquier otro tipo, nos damos cuenta que dentro de sus instalaciones se realizan constantemente ambos procesos. Al hablar de los químicos podríamos considerar la emisión de gases por la descomposición de desechos orgánicos, ya sean provenientes de servicios sanitarios o desechos alimenticios.

El movimiento se encuentra constantemente implícito en el inmueble habitado; como el ir y venir de las personas, la transportación de objetos, el abrir y cerrar de ventanas o recorrer escaleras por mencionar algunos ejemplos.

### 2.3.1 *Energía cinética*

La energía cinética de un cuerpo surge con el fenómeno del movimiento. Está definida como “*el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee*”. Una vez conseguida esta energía durante la aceleración, el cuerpo mantiene su energía cinética salvo que cambie su rapidez. Para que el cuerpo regrese a su estado de reposo se requiere un trabajo negativo de la misma magnitud que su energía cinética.

El adjetivo "cinético" viene de la antigua palabra griega *kinesis* (*movimiento*). Cuando un cuerpo está en movimiento posee energía cinética ya que al chocar contra otro puede moverlo y, por lo tanto, producir un trabajo. Para que un cuerpo adquiera

energía cinética, es decir, para ponerlo en movimiento, es necesario aplicarle una fuerza. Cuanto mayor sea el tiempo que esté actuando dicha fuerza, mayor será la velocidad del cuerpo y, por lo tanto, su energía cinética será también mayor.

El uso cotidiano de los edificios se traduce en movimiento, y todo movimiento consume, produce o transforma energía. Pero no sólo las acciones humanas y mecánicas en estos lugares producen energía, ya que existe otro elemento que siempre está en constante movimiento, indispensable para la supervivencia humana y el funcionamiento de los espacios vitales: *el agua*.

### **2.3.2 Movimiento del agua dentro de un edificio**

Para el abasto de agua potable en cualquier zona urbanizada, la Comisión Nacional del Agua en México, así como las correspondientes en cualquier otro país, organizan la disposición del abasto y la red de tuberías necesarias para suministrar el servicio en las regiones donde existen asentamientos humanos.

Antes que el agua llegue a cualquiera de nuestras construcciones, es sometida a diversos procesos para eliminar todos aquellos elementos que puedan resultar nocivos para los consumidores. Una vez que está en condiciones potables, realiza un extenso recorrido por tuberías y equipos de bombeo dispuestos para ello (ver figura 2.5).

Dentro de los inmuebles, ya sean habitacionales menores, grandes torres de departamentos, oficinas, industriales o de comercio, existen cientos de tuberías que distribuyen el agua hasta los servicios de carácter hidráulico que se necesitan para el buen funcionamiento de los mismos y el confort de sus habitantes.



Figura 2.5 Recorrido del agua hasta zonas habitadas.  
Fuente: CONAGUA Comisión Nacional del Agua.  
<http://www.conagua.gob.mx/Default.aspx>

Una vez que el agua potable accede al inmueble se le puede organizar de distintas formas; una de las más comunes es su llegada a un depósito (llamado cisterna) en la parte inferior del edificio (por debajo del primer nivel), y después se pueden utilizar cualquiera de los dos sistemas convencionales mencionados a continuación.

El primero de ellos es el uso de un equipo hidroneumático que gracias a una bomba con aire inyecta presión al agua para que llegue a todos los servicios hidráulicos del edificio (ver figura 2.6).

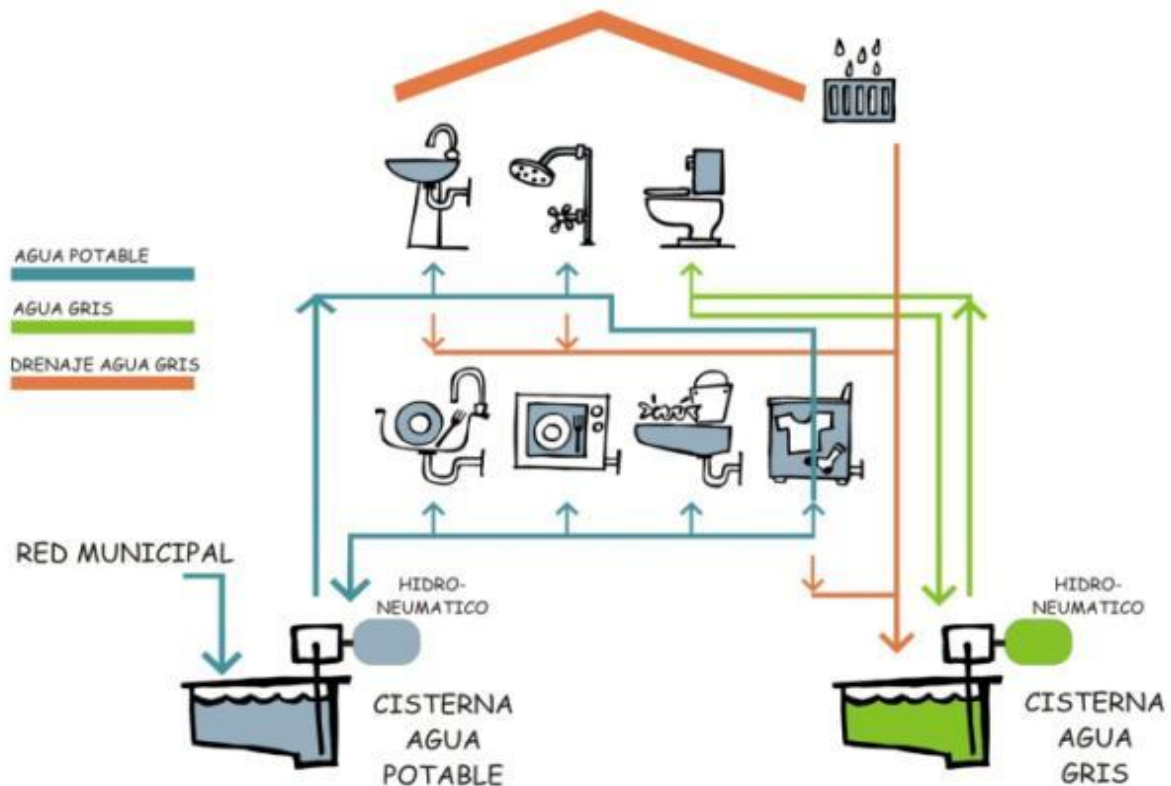


Figura 2.6 Red de agua potable en un edificio con sistema hidroneumático.

El segundo de ellos utiliza un equipo de bombeo mucho menor que sólo sube el agua a un tanque elevado (también llamado tinaco), y de éste se distribuye a los servicios hidráulicos gracias a la fuerza de gravedad que mueve el líquido dentro de las tuberías en sentido vertical, y que es suficiente para el abastecimiento de las redes hidráulicas (ver figura 2.7).

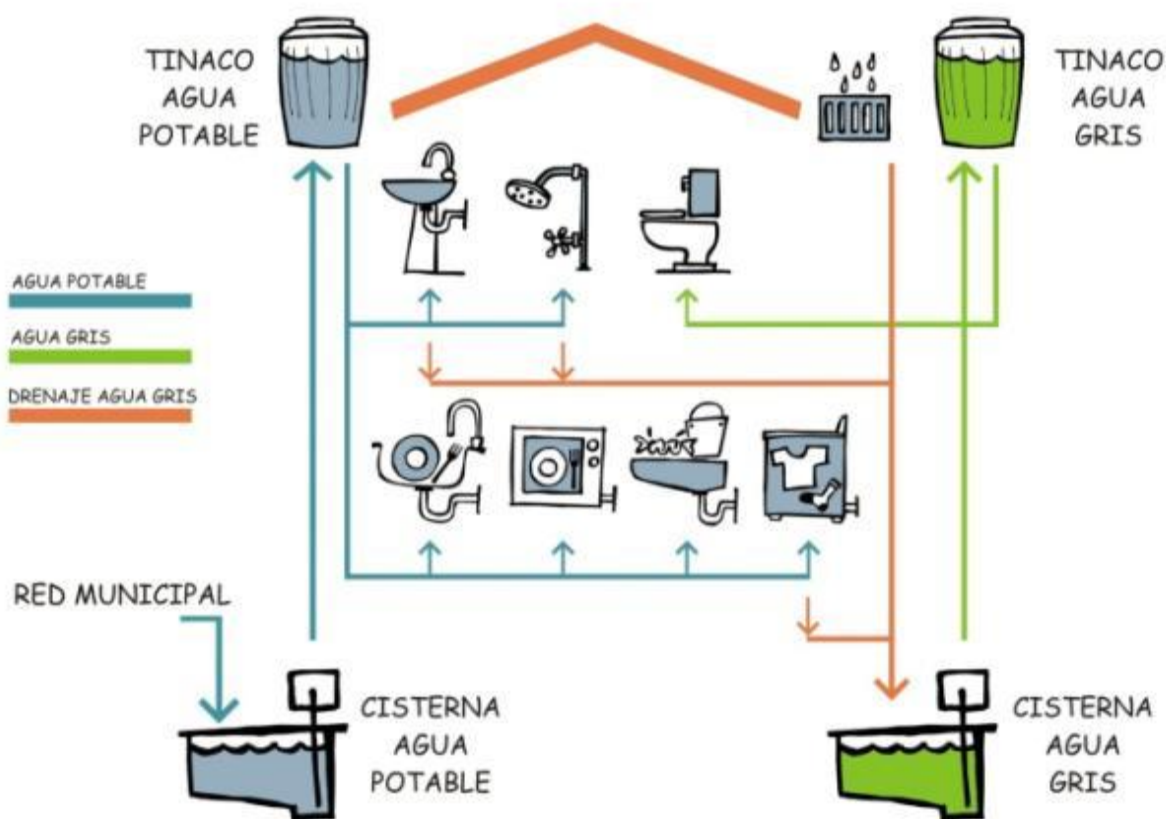


Figura 2.7 Red de agua potable en un edificio con sistema hidroneumático.

Según el reglamento de construcciones del Distrito Federal, para cuantificar las cantidades de demanda de agua de un edificio, es necesario recurrir a las dotaciones mínimas que se marcan. Estas dotaciones de agua varían según el tipo de edificio, la actividad que en él se realiza y las salidas hidráulicas con las que cuenta. En ninguna de estas cifras están contemplados los litros de agua para riego y mantenimiento tanto de jardines como de patios y zonas exteriores de las construcciones (ver tabla 2.1).

**Tabla 2.1 Dotación mínima de agua por tipo de edificio.****Fuente: Reglamento de construcciones de la ciudad de México.**

<i>Tipo de edificación</i>	<i>Dotación mínima en litros</i>
<i>Vivienda</i>	<i>150 lts. / habitante / día</i>
<i>Comercios</i>	<i>6 lts. / m2/día</i>
<i>Baños públicos</i>	<i>300 lts. / bañista / día</i>
<i>Servicios sanitarios públicos</i>	<i>300 lts. / mueble /día</i>
<i>Lavandería</i>	<i>40 lts. / Kg. Ropa seca</i>
<i>Talleres</i>	<i>100 lts. / trabajador /día</i>
<i>Oficinas</i>	<i>50 lts. / persona / día</i>
<i>Hospitales</i>	<i>800 lts. / cama / día</i>
<i>Asilos</i>	<i>300 lts. / huésped / día</i>
<i>Educación</i>	<i>25 lts. / alumno /turno</i>
<i>Museos</i>	<i>10 lts. / asistente /día</i>
<i>Instituciones religiosas</i>	<i>10 lts. / asistente /día</i>
<i>Restaurantes</i>	<i>12 lts. / comensal /día</i>
<i>Entretenimiento</i>	<i>10 lts. / asistente /día</i>
<i>Recreación social</i>	<i>25 lts. / asistente /día</i>
<i>Baños y vestidores</i>	<i>150 lts. / asistente /día</i>
<i>Alojamiento</i>	<i>300 lts. / asistente /día</i>
<i>Policía y Bomberos</i>	<i>200 lts. / asistente /día</i>
<i>Reclusorios</i>	<i>200 lts. / asistente /día</i>
<i>Estaciones de transporte</i>	<i>100 lts. / trabajador /día</i>
<i>Industria</i>	<i>100 lts. / trabajador /día</i>
<i>Parques</i>	<i>101 lts. / trabajador /día</i>
<i>Parques</i>	<i>5 lts. /m2/día</i>

Para dar un ejemplo de las cantidades mencionadas podemos suponer que un departamento tipo<sup>1</sup>, dentro de un edificio habitacional, tiene un promedio de 4 habitantes, en donde cada uno utiliza 150 litros (Reglamento de construcciones del Distrito Federal, 2010) de agua por día, nos da como resultado un consumo mínimo de 600 litros diarios por departamento. Algunos edificios son de menor o mayor altura, pero tomando un promedio de 4 niveles con los que cuenta la mayoría de edificios de interés social, y 4 departamentos por planta llegamos a las siguientes cifras:

16 departamentos x 600 litros de consumo mínimo diario, nos da un total de 9,600 litros de agua al día que realizan el recorrido desde la toma domiciliaria hasta cualquiera de las salidas hidráulicas con las que cuenta el edificio, lo cual representarían 32 kilómetros de recorrido de agua en una tubería de ½”.

En México algunos edificios habitacionales llegan a tener hasta 18 niveles, y algunos complejos turísticos hasta 25 niveles; aunque podríamos ejemplificar con el hotel *Moon Palace*, en Cancún México que aunque no cuenta con gran altura, tiene 2,103 habitaciones, y según la tabla 2.1 está preparado para suministrar 630,900 litros de agua al día, sin tomar en cuenta el riego de zonas exteriores ni el mantenimiento de albercas.

Después de revisar los datos del movimiento de agua dentro de los edificios, y de la energía cinética que este conlleva, la intención de este trabajo es lograr el diseño de un artefacto que sea capaz de transformar dicho movimiento en energía eléctrica. Para continuar con la investigación del movimiento del agua y de cómo es posible generar energía con el mismo, se hace un análisis del cómo y por que funciona una central hidroeléctrica.

---

<sup>1</sup> Cuando todos los departamentos de un edificio tienen la misma distribución arquitectónica, a cualquiera de ellos se le llama “departamento tipo”.



## 2.4 Centrales hidroeléctricas.

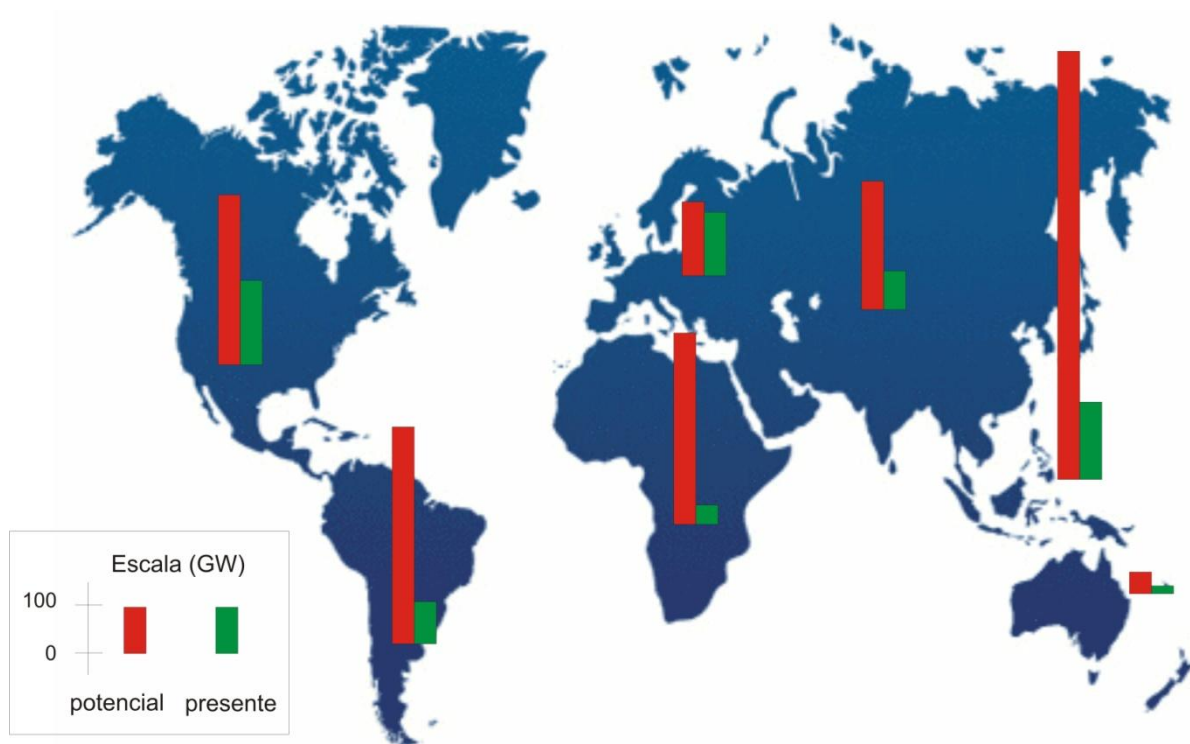
Desde tiempos antiguos se ha utilizado el movimiento del agua para la generación de energía. El uso de la rueda hidráulica data de la época de los griegos, quienes la utilizaban para bombear agua. Sin embargo, las primeras referencias detalladas de ella, nacen en el imperio romano, cuando aparece la rueda hidráulica horizontal, y el molino de rueda vertical de paletas, generalmente denominado como “molino tipo vitruviano”. Más adelante la rueda se transformó en la gran máquina de la edad media, ya que fue la solución para distintos procesos mecánicos, desde los molinos harineros y aserraderos, hasta la extracción de los minerales. La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó la industria textil así como talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América.

La energía hidroeléctrica proviene del aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua y que al caer desde cierta altura la energía cinética se transforma en energía eléctrica por medio de las turbinas de los generadores. Finalizado el proceso, la electricidad está lista para distribuirse a los lugares de su consumo final (Franzini, 2009).

La energía hidroeléctrica está dentro del grupo de las llamadas “energías renovables”, es decir, es inagotable, limpia y no contaminante. Como contrapunto, hay que señalar que para su obtención es necesaria la construcción de pantanos que en muchas ocasiones causan un impacto ambiental importante, ya que alteran el ecosistema y su construcción es costosa.

Aún así, se trata de una de las fuentes de energía más rentables y alrededor del 20% de la energía usada en el mundo proviene de la energía hidroeléctrica, aunque

cabe decir que depende de las precipitaciones pluviales de cada zona; pero se puede destacar que en los lugares de mayor producción el potencial a explotar es mucho mayor (ver figura 2.8).



**Figura 2.8 Energía hidroeléctrica en el mundo.**  
**Fuente:** Sistema de Información Energética,  
Secretaría de Energía, Información estadística.  
<http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

Para construir una central hidroeléctrica se necesita un embalse, que es un depósito artificial en el que se almacenan las aguas de un río, generalmente mediante una presa que cierra la boca de un valle.

Aunado al depósito anterior se encuentra un conducto por el cual pasa el flujo de agua gracias a la pendiente en el que está dispuesto; al llegar a la turbina hace girar un generador gracias al impulso (ver figura 2.9).

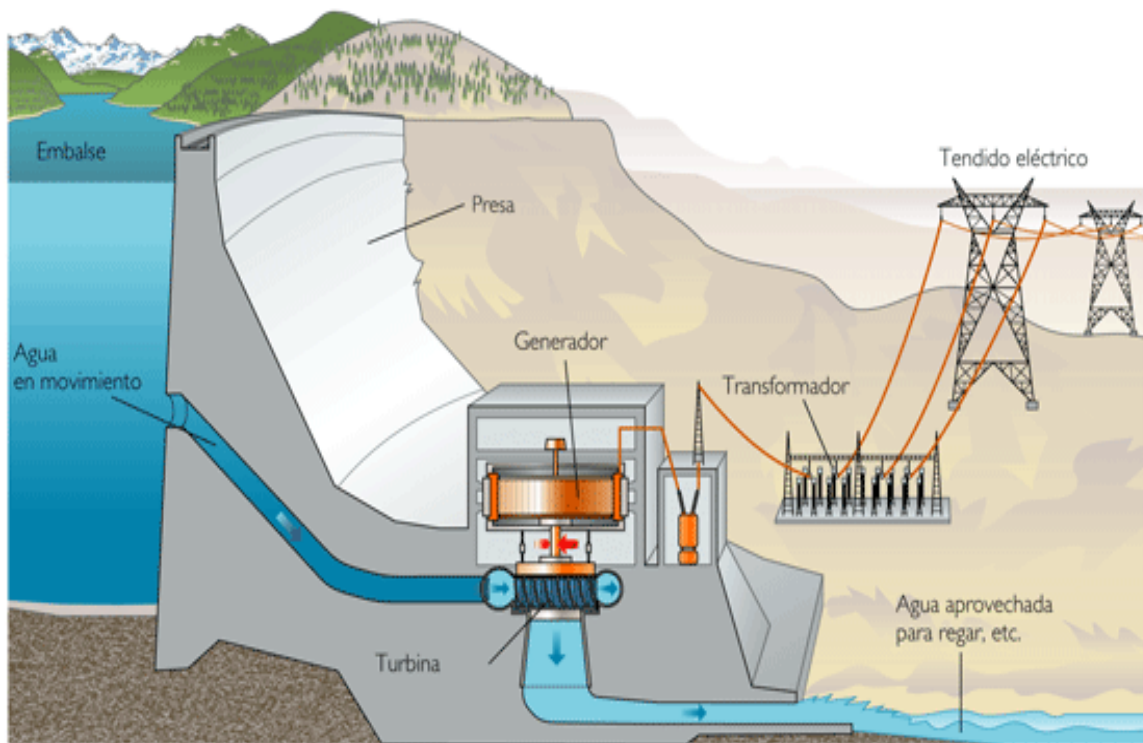


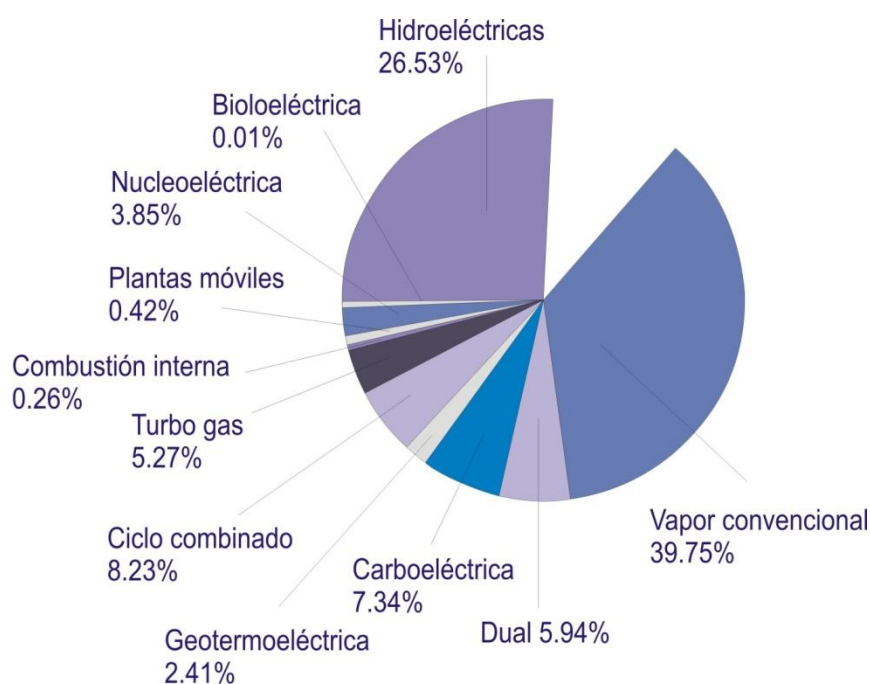
Figura 2.9 Diagrama de una central hidroeléctrica.

Fuente: Kalipedia, Santillana. España

[http://www.kalipedia.com/geografia-espana/tema/centrales-hidroelectricas.html?x=20070822klpinctn\\_103.Kes&ap=1](http://www.kalipedia.com/geografia-espana/tema/centrales-hidroelectricas.html?x=20070822klpinctn_103.Kes&ap=1)

En México hay 64 Centrales Hidroeléctricas, de las cuales 20 son de gran importancia y 44 son centrales pequeñas. Las 20 centrales mas grandes se ubican de la siguiente manera: 5 en la zona noroeste, 2 en la zona norte, 5 en la zona occidente, 2 en la zona Central y 6 en la zona sureste.

Según datos de la Secretaría de Energía, en el 2001 la energía hidroeléctrica abarcaba el 26.53% del total producido en el país (ver figura 2.10).



**Figura 2.10 Capacidad de generación efectiva**  
**Fuente: Sistema de Información Energética,**  
**Secretaría de Energía, Información estadística.**  
<http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>

## 2.5 Hidroeléctricas de menor tamaño

Las centrales hidroeléctricas de menor capacidad están catalogadas por debajo de los 30 megavatios (MW) y se clasifican de la siguiente manera:

Pequeña central	de 30 a 5 MW
Minihidráulica	de 5 a 1 MW
Microhidráulica	menor a 1 MW

En distintos países a nivel mundial se cuenta con una gran capacidad de operación de centrales de menor tamaño que van de los 2 a los 10 MW. En México se cuenta con un potencial importante de mini y microhidráulicas que se encuentran en distintas etapas de desarrollo. Aunque también existen algunas que están fuera de servicio porque tienen un equipo obsoleto por sus altos costos de operación, o los recursos acuíferos son insuficientes.

Estas pequeñas centrales necesitan de instalaciones que transformen la energía potencial de un curso de agua en energía eléctrica disponible. Según su forma de implantación se clasifican en centrales fluyentes, de pie de presa, y centrales en conducciones de riego o de abastecimiento. El problema de este tipo de energía es que depende de las condiciones climatológicas, debido a los fuertes periodos de sequia que se producen según el lugar, por ello se plantea la necesidad de construir minicentrales en algunas zonas concretas.

Aunque son de escala menor, también provocan un impacto en el medio ya que producen pérdidas de suelo productivo, en la cobertura vegetal y fauna terrestre por la inundación del terreno destinado al embalse. También provocan disminución en el caudal de ríos y arroyos, así como alteración en la calidad de las aguas y repercusiones en la fauna acuática. Además hay que tener en cuenta los impactos paisajísticos y

sobre la fauna y flora por la integración de las nuevas estructuras de obra y la construcción de la presa.

Se tienen registros de centrales microhidráulicas independientes ubicadas en estados como Puebla, Veracruz, Jalisco y Chiapas entre otros (Franzini, 2009). Con lo anterior se entiende que la generación de energía gracias al movimiento de agua tiene muchas ventajas, tales como:

- No requiere combustible.
- No contamina ni el aire ni el agua.
- Los costos de mantenimiento y de explotación son bajos.
- Las obras de ingeniería para aprovechar la energía tienen una duración muy larga.
- Se tiene flexibilidad de operación.
- Tiene bajo mantenimiento.
- Da beneficios adicionales a la comunidad.

Pero a pesar de lo anterior se tiene desventajas importantes como:

- Los costos por KW instalado son muy altos.
- Las plantas suelen estar lejos de los lugares de consumo lo que eleva las inversiones adicionales.
- El impacto ambiental que genera.
- La construcción es compleja y más tardada que una termoeléctrica.

## 2.6 Microhidroenergía.

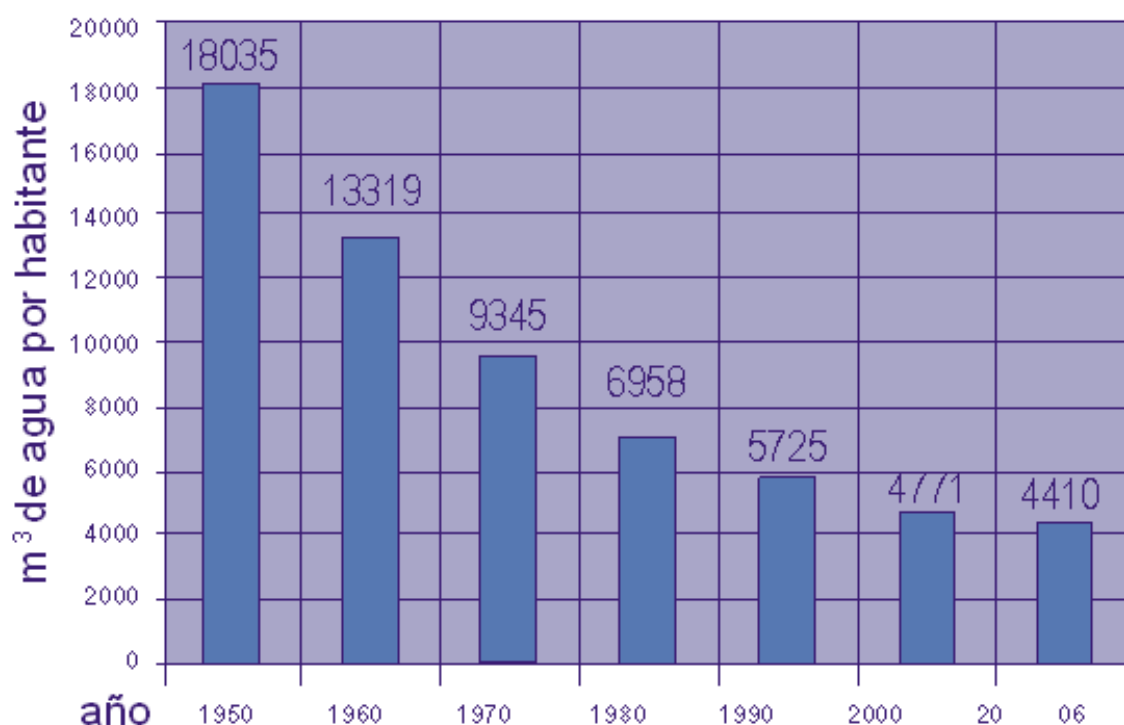
Hasta el momento, dentro de los desarrollos tecnológicos, se ha tomado en cuenta, la producción energética a gran escala, ya que las plantas generadoras, almacenan y distribuyen su producción a distintas ciudades y comunidades; para lo cual son necesarias grandes subestaciones, kilómetros de redes de cableado para las líneas de transmisión y millones de transformadores que regulan el voltaje al valor utilizado por los consumidores. Aún la energía producida por los parques eólicos no puede omitir este trayecto, necesario para llegar a los usuarios finales, en donde se incrementan los costos, no solo por los grandes recorridos, sino también por las pérdidas de energía que el mismo proceso consume.

La microhidroenergía propone la búsqueda de una solución para el abasto de una parte de los recursos energéticos, requeridos en el funcionamiento de un inmueble; que sea resultante de un sistema hidráulico, mismo que los genere en el lugar donde se están utilizando; que no busque la producción de grandes cantidades energéticas, si no sólo aquellas necesarias para los consumos dentro del edificio que cuente con su instalación.

Una planta hidroeléctrica funciona gracias al movimiento de la caída de agua, transformándolo en energía eléctrica, de igual manera en una construcción se genera el mismo principio de caída de agua por las bajadas principales de las tuberías de agua potable, pluvial (que es aquella que se recolecta de la lluvia), ó gris (aquella que ya ha sido utilizada en lavabos o regaderas y que sólo contiene residuos jabonosos pero no sólidos).

Hasta el momento el recurso de energía gracias al movimiento hidráulico dentro de un edificio, ha sido ignorado como una fuente de energía alterna, mas sin embargo según el conteo de población realizado por el INEGI, tan solo el Distrito Federal contaba con casi 9 millones de habitantes en el 2005. Los anteriores datos hablan de que en la

ciudad de México, diariamente circulan más de mil trescientos millones de litros, por las redes de tubería de agua potable que llegan hasta nuestras casas, esto sin contar los millones de litros extra de agua pluvial en época de lluvia. Lo anterior son las cifras de consumo mínimo, pero a pesar de la falta de agua en nuestro país, la Comisión Nacional de Agua (2010), calcula un abasto de 4416 m<sup>3</sup> por habitante al año, mismo que se refiere a la proporción volumétrica de agua por cada habitante (Ver figura 2.11).



**Figura 2.11 Abasto de agua (en m<sup>3</sup>) por habitante al año en México.**  
**Estadísticas del agua en México, edición 2010. Comisión Nacional del Agua.**  
**SEMARNAT, Gobierno Federal.**

[http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010\\_Espanol\\_16Junio2010.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010_Espanol_16Junio2010.pdf)



# Capítulo 3

## Marco metodológico

### 3.1 Objetivos

#### ***3.1.1 Objetivo general***

Diseñar un artefacto que aproveche el movimiento constante dentro de las tuberías de agua potable en un edificio y lo transforme en energía eléctrica.

#### ***3.1.2 Objetivos secundarios***

- 3.1.2.1      Analizar que componentes básicos mínimos necesita un artefacto microgenerador de energía para que funcione adecuadamente.
- 3.1.2.2      Hacer una comparación entre los componentes básicos de una central hidroeléctrica y los necesarios para el funcionamiento de un artefacto microgenerador.
- 3.1.2.3      Obtener un esquema básico de componentes para construir un artefacto microgenerador.
- 3.1.2.4      Analizar las características de cada uno de los componentes de forma individual.
- 3.1.2.5      Experimentar ensamblando diversos prototipos de modo individual para lograr la generación de energía eléctrica.

- 3.1.2.6 Experimentar ensamblando diversos prototipos de modo múltiple para lograr maximizar la generación de energía eléctrica.
- 3.1.2.7 Comparar los resultados obtenidos de cada uno de los prototipos de experimentación.
- 3.1.2.8 Hacer una descripción del diseño final de cada una de las partes del artefacto microgenerador individual.
- 3.1.2.9 Describir el ensamble del artefacto microgenerador individual.
- 3.1.2.10 Describir el ensamble del sistema microgenerador múltiple.
- 3.1.3.11 Proponer el diseño de la carcasa que contendrá el sistema múltiple de artefactos microgeneradores.
- 3.1.3.12 Diseñar el sistema de registros que contendrán las secuencias múltiples de artefactos microgeneradores.
- 3.1.3.13 Diseñar la propuesta de instalación del sistema general de microgeneración de energía aplicado a un edificio como ejemplo.
- 3.1.3.14 Analizar las características del sistema microgenerador para calcular la cantidad de iluminación que se podría obtener con el uso del prototipo experimental.
- 3.1.3.15 Aplicar los resultados obtenidos a un edificio para conocer el porcentaje de iluminación que sería capaz de suministrar el prototipo experimental.

## **3.2 Hipótesis**

### ***3.2.2 Hipótesis principal***

Es posible obtener electricidad a partir de un artefacto, que sea capaz de transformar el movimiento del agua dentro de las tuberías de cualquier edificio habitable en energía.

### ***3.2.2 Hipótesis secundarias***

- 3.2.2.1 Al analizar que componentes básicos mínimos necesita un artefacto microgenerador de energía existe la posibilidad de que el mismo funcione adecuadamente.
- 3.2.2.2 Si se hace una comparación entre los componentes básicos de una central hidroeléctrica y los mínimos necesarios para el funcionamiento de un artefacto microgenerador, es posible obtener un esquema básico para la construcción del mismo.
- 3.2.2.3 Si se obtiene un esquema básico de componentes para un artefacto microgenerador es posible construirlo.
- 3.2.2.4 Si se analizan las características de cada uno de los componentes de forma individual es posible encontrar las piezas más adecuadas para que el artefacto funcione.
- 3.2.2.5 Si se experimenta ensamblando diversos prototipos de modo individual, es posible lograr la generación de energía eléctrica.

- 3.2.2.6 Si se experimentar ensamblando diversos prototipos de modo múltiple, es posible lograr maximizar la generación de energía eléctrica.
- 3.2.2.7 Si se comparan los resultados obtenidos de cada uno de los prototipos de experimentación es posible determinar cuál de los prototipos es más eficiente y porque.
- 3.2.2.8 Después de la experimentación es posible hacer una descripción del diseño final de cada una de las partes del artefacto microgenerador individual.
- 3.2.2.9 Es posible diseñar el ensamble del artefacto microgenerador individual.
- 3.2.2.10 Es posible diseñar el ensamble del sistema microgenerador múltiple.
- 3.2.3.11 Es posible diseñar la carcasa que contendrá el sistema múltiple de artefactos microgeneradores.
- 3.2.3.12 Es posible diseñar el sistema de registros que contendrán las secuencias múltiples de artefactos microgeneradores.
- 3.2.3.13 Es posible diseñar la propuesta de instalación del sistema general de microgeneración de energía aplicado a un edificio como ejemplo.

- 3.2.3.14 Si se analizan las características del sistema microgenerador es posible calcular la cantidad de iluminación que se podría obtener con el uso del prototipo experimental.
- 3.2.3.15 Si se aplican los resultados obtenidos a un edificio es posible conocer el porcentaje de iluminación que sería capaz de suministrar el sistema general basados en el prototipo experimental.

### **3.3 Preguntas de investigación**

#### **3.3.1 *Pregunta principal***

¿Es posible generar energía a partir del movimiento de agua dentro de las tuberías de un edificio en uso?

#### **3.3.2 *Preguntas secundarias***

- 3.3.2.1 ¿Que componentes básicos mínimos necesita un artefacto microgenerador de energía para que funcione adecuadamente?
- 3.3.2.2 ¿Cuál es el esquema mínimo para la construcción de un artefacto microgenerador analizando los componentes básicos de una central hidroeléctrica?
- 3.3.2.3 ¿Cuáles son los componentes mínimos de un artefacto microgenerador?

- 3.3.2.4      ¿Cuáles son las piezas más adecuadas para que el artefacto funcione?
- 3.3.2.5      ¿Qué resultados se obtienen al experimentar con diversos prototipos individuales?
- 3.3.2.6      ¿Qué resultados se obtienen al experimentar ensamblando diversos prototipos múltiples?
- 3.3.2.7      ¿Cuál de los prototipos es más eficiente si se comparan los resultados obtenidos de cada uno de los prototipos de experimentación?
- 3.3.2.8      ¿Cómo es diseño final de cada una de las partes del artefacto microgenerador individual después de la experimentación?
- 3.3.2.9      ¿Cómo se ensambla el artefacto microgenerador individual?
- 3.3.2.10     ¿Cómo se ensambla el sistema microgenerador múltiple?
- 3.3.3.11     ¿Cuál es el diseño de la carcasa que contiene el sistema múltiple de artefactos microgeneradores?
- 3.3.3.12     ¿Cómo es el diseño del sistema de registros que contendrán las secuencias múltiples de artefactos microgeneradores?
- 3.3.3.13     ¿Cómo es el diseño del sistema general de microgeneración de energía aplicado a un edificio?

3.3.3.14      ¿Cuál es la cantidad de iluminación que se podría obtener con el uso del prototipo experimental individual?

3.3.3.15      ¿Cuál es el porcentaje de iluminación que sería capaz de suministrar el prototipo experimental aplicado a un edificio?

### **3.4 Metodología experimental**

El presente trabajo se desarrolla como una investigación de tipo experimental, ya que gracias a esto será posible determinar las características del diseño final de un artefacto microgenerador de energía, el diseño de un sistema múltiple y el diseño del sistema general dentro de la instalación hidráulica aplicada a un edificio. El proceso metodológico se compone de las siguientes etapas:

- Estructura del problema.
- Definición del marco teórico.
- Análisis del estado del arte.
- Definición de objetivos.
- Formulación de hipótesis.
- Formulación de preguntas de investigación.
- Análisis de los componentes de un microgenerador de energía.
- Ensamble de prototipos y experimentación.
- Determinación de los resultados de la experimentación.
- Diseño de los componentes individuales óptimos.
- Diseño del ensamble individual.
- Diseño de la conexión de secuencias múltiples.
- Diseño de los módulos de secuencias múltiples.
- Diseño de registros contenedores de módulos múltiples.
- Diseño de una propuesta de instalación aplicada a un edificio.

- Análisis de resultados en iluminación por secuencia múltiple.
- Análisis de los porcentajes de iluminación obtenidos al aplicar el sistema a un edificio.
- Conclusiones.



# Capítulo 4

## Desarrollo del proyecto

### Análisis y selección de componentes

#### 4.1 El microgenerador para tuberías

El estudio del presente capítulo abre un panorama a las nuevas posibilidades de generación energética sumadas a la reorganización de los espacios arquitectónicos.

Las ciudades en general son grandes consumidoras de energía, pero al mismo tiempo, todos los procesos químicos y de movimiento que se efectúan en las mismas, podrían ser capaces de proporcionar una parte de la energía que el ser humano necesita para subsistir. La suma de nuevos recursos ahorradores y generadores de electricidad así como otros recursos vitales, abren la posibilidad de que en el futuro existan edificios completamente autosustentables.

Uno de estos recursos será la producción de electricidad al utilizar un microgenerador que funcione a partir del movimiento del agua dentro de las tuberías de casas y edificios; ya que se concluye que dicho movimiento hidráulico, es capaz de producir energía, misma que no es aprovechada hasta el momento, y que además de estar implícita en el mismo lugar donde se puede utilizar, sería de fácil adaptación a los espacios, sin los altos costos de transportar la energía de un lugar a otro.

Es desde esta perspectiva que en esta investigación se diseña un *microgenerador de energía, que utiliza el flujo de la corriente de agua dentro de las tuberías de cualquier edificio en uso*; mismo que será activado al abrir algún servicio que consuma agua, ya sea al accionar la palanca del sanitario, abrir la regadera, el lavamanos, fregadero o lavadora entre otros. Posteriormente dicha energía será

almacenada en una batería, o puede tener un uso directo en los consumos eléctricos del mismo edificio, ya sea habitacional, comercial, o industrial.

El diseño también contempla la posibilidad de adaptarse a edificios construidos y puede ser colocado en las bajadas principales de agua, ya que son las tuberías en donde se concentra la mayor presión, antes de derivarse por diferentes ramificaciones hasta los muebles sanitarios.

En un edificio nuevo o en una construcción existente se pretende que el sistema sea de fácil adaptación haciendo algunas modificaciones mínimas en la instalación hidráulica.

Para mayor comodidad del usuario, el dispositivo será colocado en un registro, ahogado dentro del muro en algún punto estratégico del inmueble, que por lo general será en las aéreas de servicio del mismo, ya que es en este punto donde la mayoría concentra sus instalaciones principales; recordando que las zonas de servicio son los lugares en donde se consume mayor energía, y que a su vez mantienen un constante movimiento de agua por sus redes hidráulicas.

## **4.2 Componentes básicos**

Para lograr el diseño del microgenerador para tuberías, se requiere un análisis de los componentes básicos del mismo. Es por esto que se hace una comparación con una central hidroeléctrica, que como se mencionó, es donde se reproduce el mismo fenómeno de generación de energía a escala.

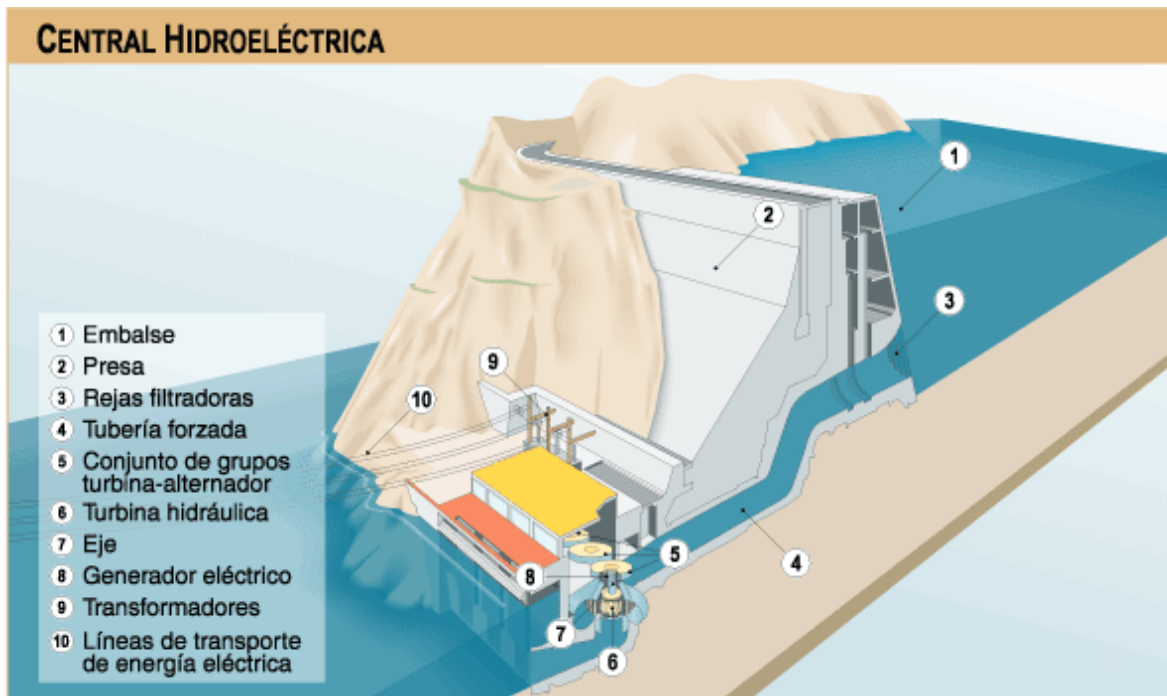


Figura 4.1 Partes principales de una central hidroeléctrica.  
 Fuente: Fuentes de energía, Red temática de ciencias de la tierra. [En línea]  
<http://tierra.rediris.es/hidrored/sensibilizacion/datos/consumo/gasto/fuentes.htm>

En la figura 4.1 se muestran los componentes principales de una central hidroeléctrica:

- 1.- El embalse que es la zona donde se contiene el agua del caudal natural del río.
- 2.- La presa que es la estructura que contiene el embalse e impide que el río siga su curso natural, canaliza el agua de manera dirigida.
- 3.- Las rejillas filtradoras impiden el paso a materiales sólidos, vegetación o fauna acuática que pudiera obstruir los conductos de la central o atascar su funcionamiento.
- 4.- La tubería forzada, que como su nombre lo dice obliga al agua a tener una dirección precisa.

5 y 6.- Es el conjunto de turbina y alternador en donde se recibe el agua para hacerla girar.

7.- El eje se mueve al ritmo que se mueve la turbina y tiene como objetivo lograr una rotación en el generador.

8.- El generador eléctrico, es el que se encarga de transformar la energía cinética producida por el movimiento de agua en energía eléctrica.

9.- El transformador que incrementa el voltaje de la energía eléctrica.

10.- Las líneas de transporte de energía eléctrica dirigen la electricidad a los lugares de consumo final.

Una vez teniendo las partes principales definidas, se ha hecho una selección simplificada de los componentes en donde va transformándose la energía cinética implícita en el agua hasta convertirse en energía eléctrica:

1.- Embalse

2.- Presa

3.- Tubería

4.- Turbina

5.- Eje

6.- Generador

De acuerdo al listado anterior se realiza un esquema comparativo de los componentes en el microgenerador de tuberías.

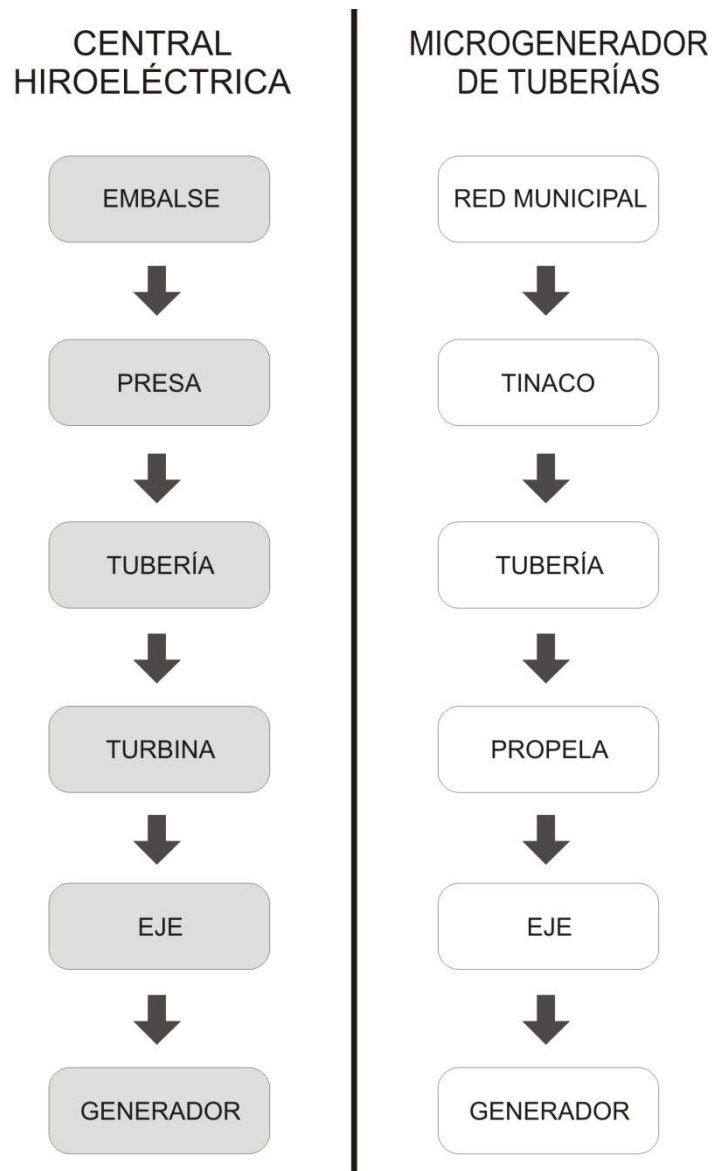
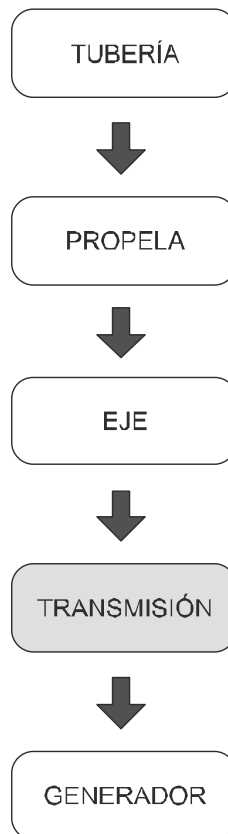


Figura 4.2 Esquema comparativo de una central hidroeléctrica y un microgenerador de tuberías.

En la figura 4.2 se puede ver la similitud en los componentes de la central generadora y el microgenerador, en donde el embalse cumple la función de la red municipal o local que abastece de agua a un edificio, la presa que almacena el agua es comparada con un tinaco o tanque elevado que tiene la misma función, la tubería dirige el agua a la turbina o propela, y cada una tiene un eje que hace girar un generador.

Ya que la red local que suministra el agua mantiene las condicionantes del lugar, y el tinaco o tanque elevado pertenecen a un tipo de instalación hidráulica tradicional, se centra la investigación en los últimos componentes, agregando uno más para que el eje aumente el número de revoluciones por minuto y tenga mayor eficiencia en la generación de energía; a este componente se le denominará la transmisión (ver figura 4.3).

#### MICROGENERADOR



**Figura 4.3 Esquema básico para construir un microgenerador.**

## 4.3 La tubería

La historia de las tuberías no es tan reciente como se pudiera suponer, ningún otro producto ha contribuido tanto para la salud y el bienestar de las personas de las grandes ciudades del mundo. Comenzando con la tubería de arcilla cruda de Babilonia, 4000 años A.C., ha habido un esfuerzo constante para lograr una tubería que pueda fabricarse de forma económica y perdurar bajo tierra.

La primera tubería auténtica de hierro fundido fue instalada en Alemania en 1455 y conducía agua al Castillo Dillenberg. En algún tiempo entre 1664 y 1688 los franceses instalaron tuberías con un diámetro aproximado de 400mm y un largo de 8,000 metros hacia la ciudad de Versalles. La primera tubería de hierro fundido que se instaló en Londres fue alrededor del año 1746, y parece ser que en los Estados Unidos fue en la Ciudad de Filadelfia en el año de 1804 cuando se instaló la primera tubería proveniente de Inglaterra, ya que las anteriores se fabricaban de madera.

Desde los orígenes de la tubería de fierro fundido, su desarrollo para dar servicio bajo tierra ha mostrado un crecimiento constante. Hoy en día se encuentra en todas partes del mundo. En los países de Europa y en América, las ciudades más grandes tienen miles de kilómetros de tubería de hierro fundido.

El evento más importante en la historia de la tubería fue el desarrollo de hierro dúctil en 1948, que además tiene resistencia a la tensión eléctrica o mecánica y al impacto; lo cual lo convierte en el material ideal, que en un período relativamente corto ha ganado una amplia aceptación.

### 4.3.1 Especificaciones en tubos

Todos los tubos se especifican por su diámetro exterior y el espesor de pared. Los tubos de latón, cobre, acero inoxidable y aluminio tienen los mismos diámetros nominales que los de hierro, pero tienen secciones de pared más delgadas. La mayoría

de las instalaciones de tubería de diámetro pequeño de casa habitación, edificios e industrias, se hacen con tuberías de cobre y accesorios para la conducción de agua caliente y fría.

Los tubos metálicos flexibles sin soldadura se usan para trasportar vapor, gases y líquidos en todos los tipos de máquinas, tales como locomotoras, motores Diesel, prensas hidráulicas, etc., en los cuales existen vibraciones, las salidas o escapes no estén alineados o tienen partes móviles.

Los tubos especiales se fabrican en gran variedad de materiales, como vidrio, acero, aluminio, cobre, latón, bronce al aluminio, asbesto, fibra, plomo y otros.

#### **4.3.2 *Tubo de plástico***

Como el tubo de plástico no se corroe y tiene resistencia para un amplio grupo de sustancias químicas industriales, se emplea mucho en lugar del tubo metálico. El cloruro de polivinilo, el polietileno y el estireno son los materiales plásticos básicos.

El cloruro de polivinilo (PVC) es el de uso más extenso, no sostiene la combustión, no es magnético ni produce chispas, no comunica olor ni sabor alguno a su contenido, es ligero, tiene baja resistencia al movimiento de fluidos, resiste a la intemperie y se dobla con facilidad y se une por medio de cementos adherentes disueltos, o bien, en los de gran peso, por medio de rosca. Sus limitaciones principales son su mayor costo, su bajo límite de temperatura y sus bajos límites de presión. Además, no es resistente a todos los disolventes, requiere más soportes y se contrae o dilata más que el acero.

El tubo metálico revestido interiormente de plástico tiene la ventaja de combinar la resistencia mecánica del metal con la resistencia química del plástico.



### **4.3.3 Juntas y accesorios**

Los accesorios para tubos son las piezas usadas para conectar y formar la tubería. Los tubos comunes se unen por métodos que dependen del material y de las demandas del servicio. Los tubos de acero, hierro forjado, latón o bronce, generalmente llevan rosca y se atornillan en otro accesorio.

Los tubos flexibles y especiales se emplean para conectar pequeños tramos de servicio de gas o líquidos. Los codos se utilizan para cambiar la dirección de una tubería, ya sea a 90 o 45 grados. Las “tes” conectan tres tubos y las cruces cuatro. Las secciones rectas de tubo se fabrican en longitudes de 12 a 20 pies y se conectan por medio de coples y niples.

## **4.4 La propela**

### **4.4.1 La rueda hidráulica**

Dentro del esquema para construir un microgenerador, un componente primordial es la propela, que es el elemento que se mueve gracias al impulso generado por el agua. La energía hidráulica se puede obtener y transformar a muy diferentes escalas, y para una infinidad de usos. El uso a pequeña escala resulta idóneo, existiendo desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve una rueda de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo para accionar bombas, sierras, molinos de harina y generadores eléctricos, entre otros (Evolución libre, 2007).

No se sabe con exactitud quién, dónde o hace cuanto tiempo se aprovechó por primera vez la energía hidráulica. Los griegos, ya empleaban la rueda hidráulica, también llamada noria, en el siglo III a.C., para bombear agua. Sin embargo, las primeras referencias detalladas de la rueda hidráulica, así como sus aplicaciones son desde los tiempos del imperio romano, cuando aparece la rueda hidráulica horizontal,

también llamada “molino romano” y el molino de rueda vertical de paletas, que desarrollaron los romanos ante la insatisfacción con la rueda horizontal de los griegos debido a su baja eficiencia. Este tipo de molino fue el más común por muchos siglos, no sólo en Europa sino también en América, principalmente en el norte del continente. Además de los griegos y los romanos, en la antigüedad, los egipcios emplearon la saqia, (rueda hidráulica de compartimientos o cubos) para elevar agua. Se piensa que quizá también los sumerios emplearon la rueda hidráulica con otros fines.

El más antiguo de los motores hidráulicos es la rueda hidráulica que está constituida por una serie de palas dispuestas en forma de rueda; en la cual el agua, al caer, choca contra las palas e impulsa a éstas con lo que se consigue el movimiento de la rueda.

Más adelante las grandes ruedas hidráulicas medievales de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos de fuerza. En este tiempo se les empleó tanto en posición vertical, como en posición horizontal para mover directamente una estructura vertical. Siendo una máquina de tan diversa aplicabilidad, que a lo largo de la historia muchos se interesaron en el desarrollo de la rueda hidráulica. Hasta el famoso Leonardo da Vinci diseñó una rueda que era capaz de llenar una torre de agua.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó todo tipo de industrias y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Para esta época ya se encontraban por lo menos medio millón de ruedas en Europa, en minas e industrias. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio. Estas ruedas hidráulicas continuaron aplicándose en diversos campos durante mucho tiempo. Por ejemplo, en el siglo XIX se construyeron ingenios hidráulicos para elevar el agua a cierta altura sin necesidad de

utilizar ruedas hidráulicas, aprovechando el fenómeno conocido como golpe de ariete (Ortíz 2010).

En general, aunque estas últimas ruedas hidráulicas sufrieron pocas modificaciones, no se presentaron cambios significativos hasta que en 1848 apareció la turbina a reacción de Francis, en 1880 la de impulsión de Pelton y en 1906 la de Kaplan. Todo esto permitió que las ruedas hidráulicas se transformaran en las modernas turbinas, ruedas rápidas y de buen rendimiento, que abrieron un nuevo campo que transforma la energía del agua en electricidad.

Existen muchos tipos de ruedas hidráulicas, pero en cualquier caso el funcionamiento es siempre el mismo: mediante un canal se desvía cierta cantidad de agua del río, la cual se hace entrar a gran velocidad y en cantidad suficiente en el molino. Al llegar, el agua choca contra las palas de una rueda hidráulica que transmite a lo largo de su eje el movimiento a otras piezas tales como poleas, engranajes o bielas que comunican el giro de la rueda hidráulica a las muelas, los martinetes o cualquier otro mecanismo que gire u oscile.

Dependiendo de su funcionamiento y al mecanismo de llegada del agua, las ruedas hidráulicas verticales se clasifican en las siguientes (ver figura 4.4):

#### *4.4.1.1 Rueda hidráulica con canal de alimentación superior*

La rueda se desliza empujada por el agua que llega desde arriba, permitiendo una mayor explotación del agua disponible debido a que esta cae y la fuerza de gravedad realiza todo el efecto. Se usa en lugares donde hay alturas suficientes y el caudal es reducido.

#### 4.4.1.2 *Ruedas hidráulica con canal de alimentación en la altura del eje*

El agua entra en la rueda en la altura del eje. Su eficiencia es menor que en el caso de las ruedas con canal de alimentación superior. Se necesita un empaque entre la rueda y canal de alimentación. Se usa este tipo de rueda en casos donde hay muchos cambios en el nivel del agua de entrada y de salida.

#### 4.4.1.3 *Rueda hidráulica con canal de alimentación inferior*

Este es el tipo de rueda más simple. Estas, aprovechan sólo la impulsión de la corriente del agua, aunque el problema de ésta consiste en que no hace uso del peso del agua que cae y, en lugar de eso, depende del flujo de la fuente de agua. Su rendimiento es muy bajo, en el caso de un canal de alimentación forzado. En los molinos de barco el rendimiento es aún más bajo porque el agua tiende a desviarse a los lados de la rueda.

#### 4.4.1.4 *Rueda hidráulica reversible*

Es una rueda hidráulica con canal de alimentación superior con la posibilidad de cambiar el sentido de rotación, esto permite que sea utilizada para levantar cargas.

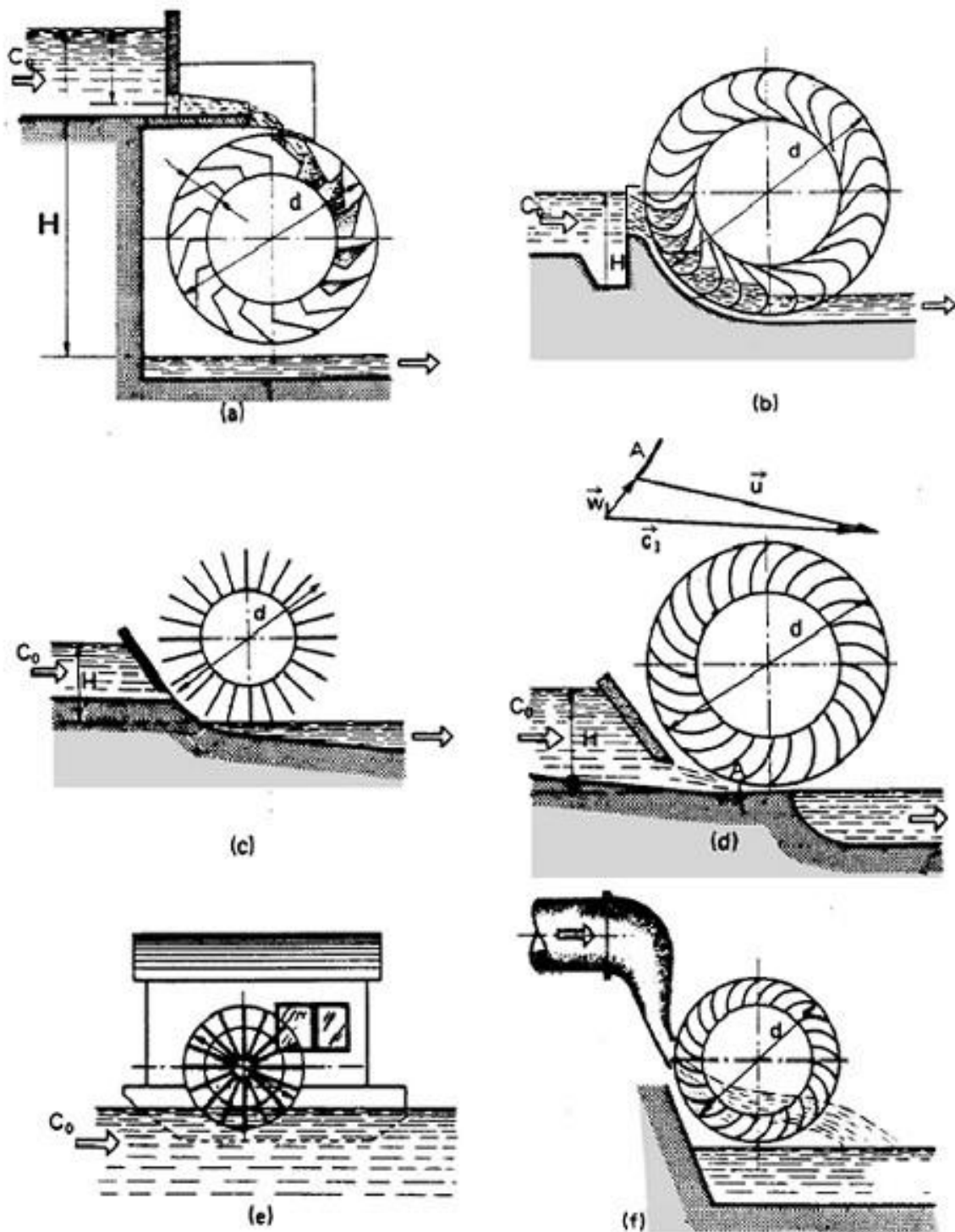


Figura 4.4 Diferentes tipos de ruedas hidráulicas: a) Alimentación superior. b) Alimentación lateral. c) De paletas planas. d) De impulsión inferior. e) Paletas de alimentación inferior. f) Turbina Banki.  
Fuente: Knol. De la rueda hidráulica hasta la turbina. [En línea] <http://knol.google.com/k/de-la-rueda-hidr%C3%A1ulica-hasta-la-turbina#>

#### 4.4.2 Turbinas

Los tipos más importantes son:

4.4.2.1 *Turbina Kaplan*: son turbinas axiales, que tienen la particularidad de poder variar el ángulo de sus palas durante su funcionamiento. Están diseñadas para trabajar con saltos de agua pequeños y con grandes caudales (ver figura 4.5).

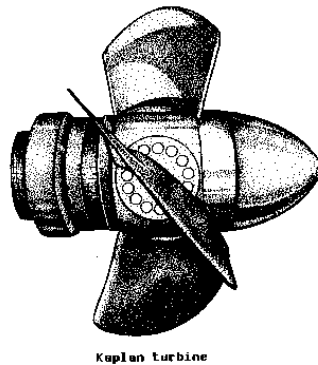


Figura 4.5 Turbina Kaplan.

Fuente: Cubasolar. Fabricación de turbinas hidráulicas en cuba. [En línea]  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia05/HTML/Articulo51.htm>

4.4.2.2 *Turbina Hélice*: son exactamente iguales a las turbinas Kaplan, pero a diferencia de estas, no son capaces de variar el ángulo de sus palas (ver figura 4.6).

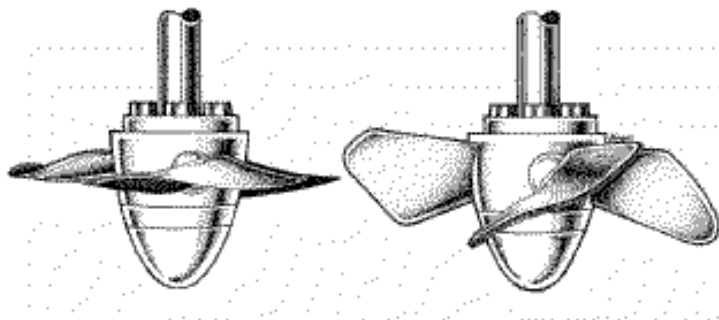


Figura 4.6 Turbina Hélice.

Fuente: Cubasolar. Fabricación de turbinas hidráulicas en cuba. [En línea]  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia05/HTML/Articulo51.htm>

- 4.4.2.3. *Turbina Pelton*: Son turbinas de flujo *transversal*, y de admisión *parcial*. Directamente de la evolución de los antiguos molinos de agua, y en vez de contar con álabes o palas se dice que tiene *cucharas*. Están diseñadas para trabajar con saltos de agua muy grandes, pero con caudales pequeños (ver figura 4.7).

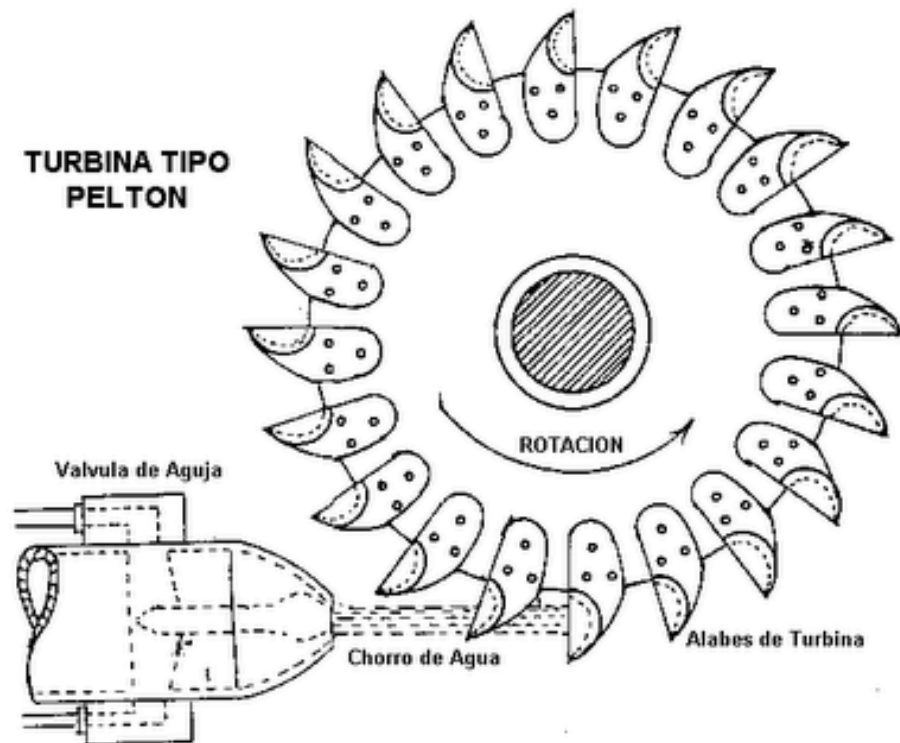


Figura 4.7 Turbina Pelton.  
Fuente: Turbinas hidroeléctricas. Turbinas pelton. [En línea]  
<http://sapiens.ya.com/netcentrales/pelton.htm>

4.4.2.4 *Turbina Francis*: Son turbinas de flujo mixto y de reacción. Existen algunos diseños complejos que son capaces de variar el ángulo de sus álabes durante su funcionamiento. Están diseñadas para trabajar con saltos de agua medios y caudales medios. *La turbina tipo Francis tiene una entrada en espiral y unas aspás guías, de forma tal que el agua impulsa las paletas con una pérdida de energía mínima por efecto de la turbulencia (ver figura 4.8).*

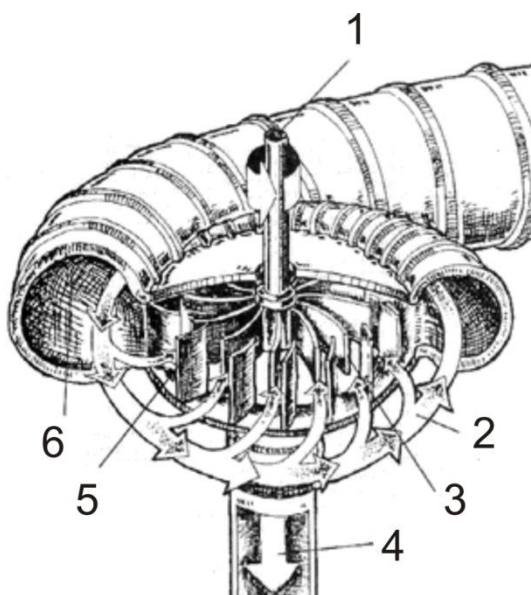


Figura 4.8 Turbina Francis. 1.- Eje del generador, 2.- Corriente de agua, 3.- Paletas de la turbina, 4.- Salida de agua, 5.- Aspás guía, 6.- Entrada del agua.

Fuente: Cubasolar. Fabricación de turbinas hidráulicas en cuba. [En línea]  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia05/HTML/Articulo51.htm>



## 4.5 La transmisión

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente. En la vida diaria se asocian habitualmente las transmisiones con los automóviles. Sin embargo, las transmisiones se emplean en una gran variedad de aplicaciones, por ejemplo, reductores y engranajes en molinos de viento o agua y máquinas de vapor, especialmente para tareas de bombeo, molienda o elevación.

En general, las transmisiones reducen una rotación de alta velocidad a una más baja o a la inversa, es decir aumentan la velocidad de un eje, aunque en este caso disminuye la fuerza. Existen distintas formas de transmisión que pueden ser:

- 1.- Con correa
- 2.- Con cadena
- 3.- Con balancines
- 4.- Con engranes
- 5.- Con cardán

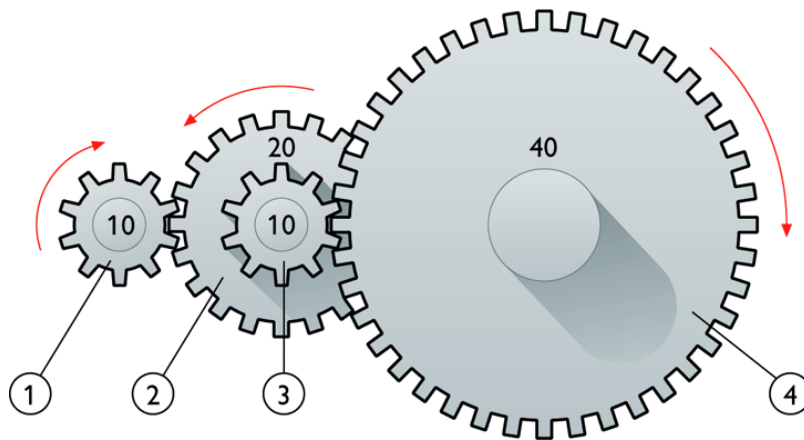
En este tema de estudio y por el tamaño que se pretende tenga el artefacto, se elige la transmisión por engranajes. Se denomina Engranaje o Ruedas Dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la

mayor se denomina 'Corona' y la menor 'Piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

Observemos qué sucede en el esquema asociado del engranaje (ver figura 3.9):

1. En el primer paso, desde la rueda número 1 a la rueda número 2, la velocidad de giro se reduce a la mitad, puesto que la rueda 2 tiene el doble de dientes que la rueda 1.
2. En el siguiente paso, la unión se establece entre la rueda 3, que gira con la misma velocidad de giro que la rueda 2 por tener el mismo eje, y la rueda 4, que tiene cuatro veces más dientes que la rueda 3.



**Figura 4.9 Tren de engranajes**  
Fuente: Picsdigger. Tren de engranajes. [En línea]  
<http://picsdigger.com/keyword/tren%20de%20engranajes/>

## 4.6 El generador

Muchos dispositivos pueden convertir energía eléctrica a mecánica y viceversa. La estructura de estos dispositivos puede ser diferente, dependiendo de las funciones que realicen. Algunos dispositivos son usados para conversión continua de energía, y son conocidos como motores y generadores.

Un dispositivo electromecánico de conversión de energía es esencialmente un medio de transferencia entre un lado de entrada y uno de salida (ver figura 3.10). En el caso de un motor, la entrada es la energía eléctrica, suministrada por una fuente de poder y la salida es energía mecánica enviada a la carga, la cual puede ser una bomba, o ventilador entre otros.

El generador eléctrico convierte la energía mecánica por una máquina prima (turbina) a energía eléctrica en el lado de la salida. La mayoría de estos dispositivos pueden funcionar, tanto como motores o como generadores.

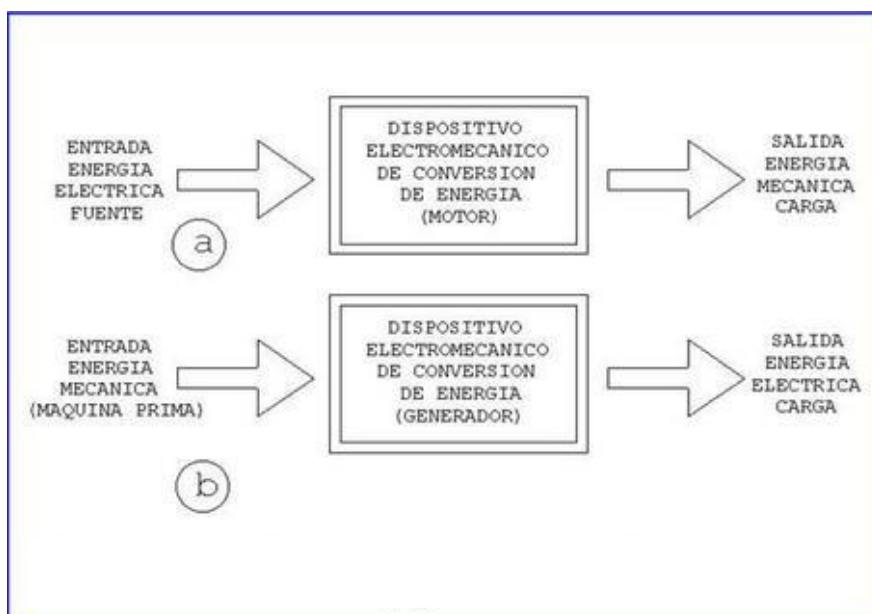


Figura 4.10 Diagrama de motor y generador.

Fuente: Monografías. Conceptos básicos de máquinas eléctricas.

[En línea] <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>

El generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (ver figura 4.11).

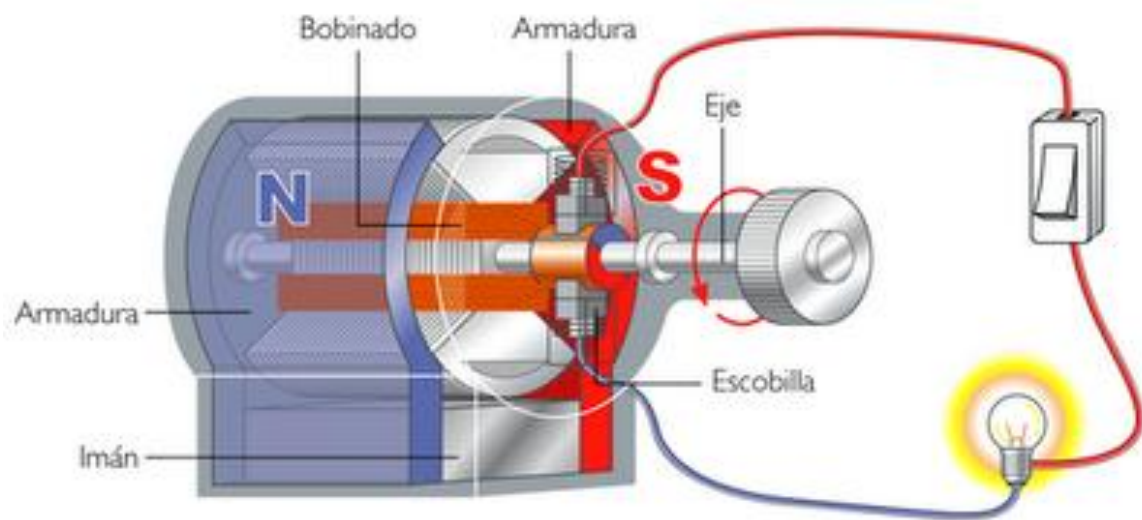


Figura 4.11 Generador.

Fuente. Wis Physics. Generadores, dinamo y magnetismo espacial.

[En línea]. <http://www.wisphysics.es/2008/09/iman-de-nuestro-dia-a-dia-ii>

# Capítulo 5

## Proceso de experimentación

### 5.1 Pruebas y resultados

Dentro de las hipótesis para el desarrollo de este proyecto se menciona la posibilidad de generar energía a partir del movimiento de agua dentro de las tuberías de cualquier edificio en uso, pero al mismo tiempo se sugiere que la secuencia múltiple de artefactos microgeneradores será capaz de multiplicar el efecto, logrando una producción de energía con mejores niveles de eficiencia.

Para comprobar lo antes descrito, se realizaron una serie de prototipos en un amplio proceso de experimentación; a continuación se describen solo aquellos que mostraron un resultado positivo para lograr los objetivos que se buscan, aunque en este proceso se realizaron otros que no funcionaron adecuadamente. Se hace una descripción, la mención de los resultados y problemas generales por resolver.

## 5.2 Prototipo 1.- Ensamble individual

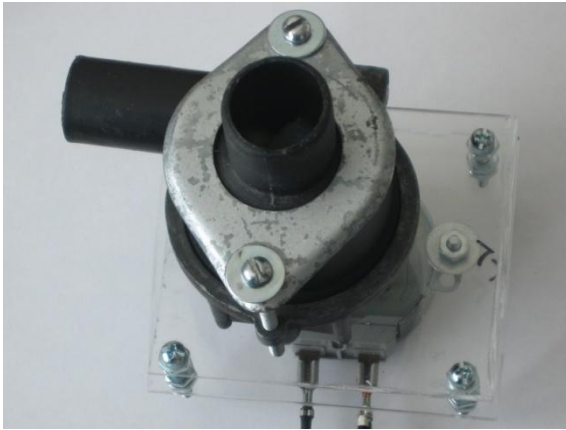


Figura 5.1 Vista superior prototipo 1.

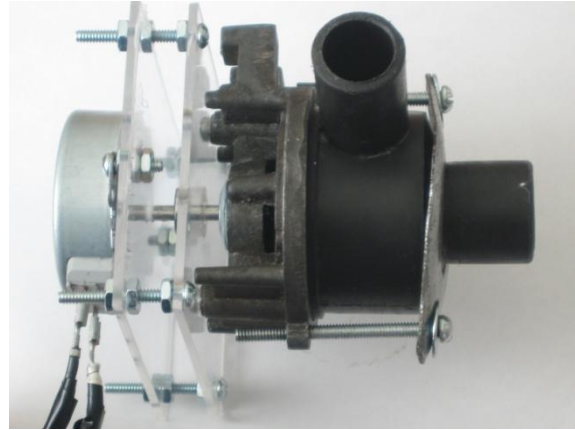


Figura 5.2 Vista lateral prototipo 2.

### 5.2.1 Descripción

El prototipo 1, de ensamble individual, está compuesto de dos soportes de acrílico, donde se sostienen tanto la parte hidráulica como la parte eléctrica del artefacto. La primera contiene el soporte de la carcasa, la carcasa y la propela en su interior ajustada al eje principal; la segunda parte está compuesta por el microgenerador, y la transmisión que se revoluciona gracias al movimiento del eje (ver figura 5.1 y 5.2).

### 5.2.2 Pruebas

En la figura 4.3 se muestra el artefacto conectado a una llave de agua ubicada en la bajada principal de la tubería, en el área de servicio de una casa habitación. Dicha tubería es de cobre con un diámetro de 13 mm. y el depósito de agua (tinaco) se encuentra a una altura de 6.50 mts.

Para realizar la prueba se colocó el sistema con un adaptador de rosca, el cual se inserta en el tubo vertical de la carcasa reduciendo el diámetro a 9 mm. Y en la salida se colocó una manguera para dirigir el agua.



Figura 5.3 Prueba del prototipo 1.

### **5.2.3 Resultados del prototipo 1**

Después de varias pruebas, este es el primer prototipo donde se logró eliminar en un grado aceptable la fricción que los componentes efectúan entre sí, lo cual facilita el movimiento de la propela bajo el impulso del agua.

Una vez hecha la conexión a la rosca de la llave, se procedió a abrirla en toda su capacidad y se observó que el impulso del agua revoluciona adecuadamente la propela que mueve el eje y la transmisión del generador, produciendo energía. Para comprobar tal efecto se adaptó un led (diodo emisor de luz) color rojo, el cual se enciende al activar el sistema.

### **5.2.4 Problemas por resolver**

El prototipo a pesar de dar buenos resultados fue inestable, ya que al estar en movimiento el generador vibró y tras un tiempo de funcionamiento se desajustó la

transmisión. A pesar de utilizar un sello hermético, existieron fugas de agua entre la carcasa y el soporte.

### 5.3 Prototipo 2.- Ensamble individual



Figura 5.4 Prototipo 2, vista frontal.

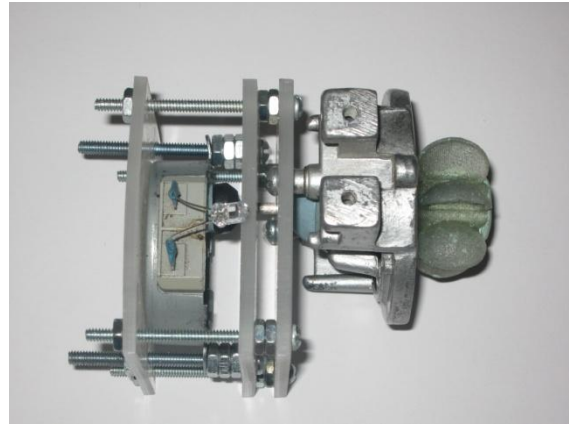


Figura 5.5 Prototipo 2, vista lateral.

#### 5.3.1 Descripción

El prototipo 2, del ensamble individual, utilizó los mismos componentes del prototipo 1, pero a éste se le añadió un tercer soporte para dar más estabilidad tanto al eje como a la transmisión y al generador; evitando así el exceso de movimiento que provocaba un desajuste constante.

También se sustituyó el led de color rojo por uno blanco que es de mayor intensidad (ver figura 5.4 y 5.5).

#### 5.3.2 Pruebas

En la figura 4.6 se muestra el artefacto conectado a una llave de agua con las mismas características descritas anteriormente.





Figura 5.6 Prueba del prototipo 2.

### **5.3.3 Resultados del prototipo 2**

Al conectar este prototipo a la llave del agua se obtuvieron resultados positivos, ya que todos los componentes del sistema se revolucionaban adecuadamente. Se generó mayor estabilidad que en el prototipo anterior.

Se comprueba que existe generación de energía al encender el led que se dispuso para tal efecto.

### **5.3.4 Problemas por resolver**

Este prototipo tuvo mayor estabilidad, pero aunque se lograron disminuir las fugas de agua, todavía estaban presentes.

## 5.4 Prototipo 3.- Ensamble doble



Figura 5.7 Prototipo 3, vista lateral.



Figura 5.8 Reductor de diámetro.

### 5.4.1 Descripción

En el prototipo 3 se dispuso un soporte de acrílico de forma escalonada para sujetar a dos de los artefactos ensamblados, cada uno es igual al prototipo 2.

Para unirlos se colocó una manguera flexible, estriada por fuera para poder doblarla fácilmente, pero lisa en su interior, para evitar que el agua perdiera presión por efecto de la presión (ver figura 5.7 y 5.8).

### 5.4.2 Pruebas

El artefacto antes descrito se probó bajo las mismas condiciones de los anteriores, en donde se logró hacer funcionar al primer microgenerador, por lo cual se hizo una modificación en el sistema colocando otra rosca con una reducción de diámetro a 9 mm. en la entrada del segundo artefacto (ver figura 5.9).

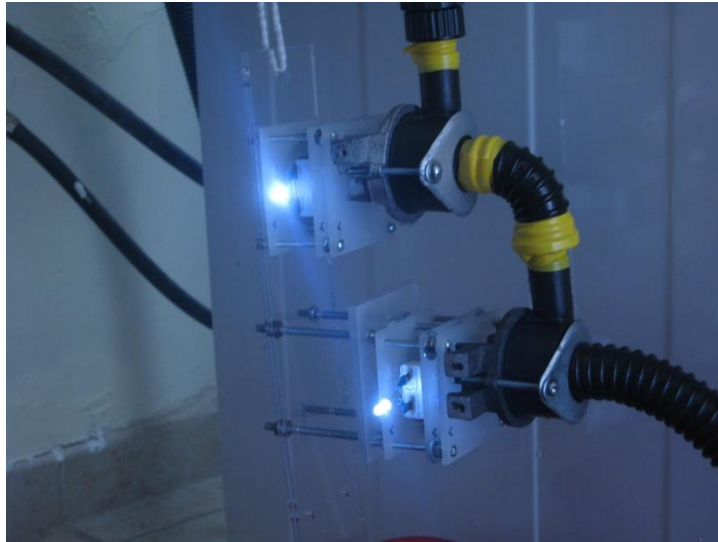


Figura 5.9 Prueba del prototipo 3 de ensamble doble.

#### **5.4.3 Resultados del prototipo 3**

Al realizar nuevamente la prueba de este prototipo anexando el reductor de diámetro se logró conservar la misma presión de agua tanto en el primero como en el segundo de ellos, logrando así revolucionar dos artefactos simultáneamente, y obteniendo una generación de energía por duplicado.

#### **5.4.4 Problemas por resolver**

Este prototipo funcionó adecuadamente bajo las condiciones descritas, y las fugas de agua fueron mínimas, pero aún las había.

## 5.5 Prototipo 4.- Ensamble triple



Figura 5.10 Prototipo 4, ensamble triple.



Figura 5.11 Prototipo 4, ensamble triple.

### 5.5.1 Descripción

El prototipo 4, de ensamble triple, estuvo compuesto de un soporte de acrílico en forma de escalera que sostiene 3 artefactos microgeneradores similares al prototipo 1, cada uno cuenta con las características antes descritas, y también estaban por mangueras flexibles entre sí, además de contar con el adaptador que reduce el diámetro a 9 mm. en cada uno de los sistemas microgeneradores (ver figura 5.10 y 5.11).

### 5.5.2 Pruebas

En la figura 4.12 se muestra el artefacto conectado a una llave de agua con las condiciones anteriores, es decir, ubicada en la bajada principal, en el área de servicio de una casa habitación, con tubería es de cobre de 13 mm de diámetro y el depósito de agua (tinaco) a una altura de 6.50 mts.

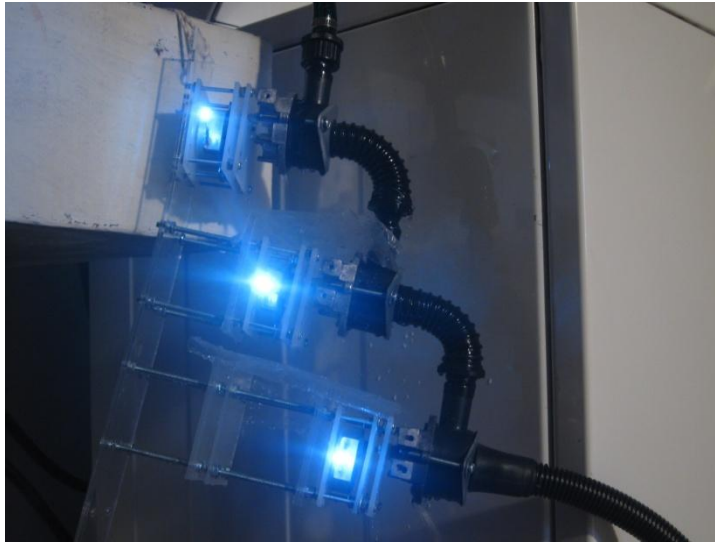


Figura 5.12 Prueba del prototipo 4 de ensamble triple.

#### ***5.5.3 Resultados del prototipo 4***

Se realizó la prueba al conectar el prototipo de ensamble triple a la llave de agua, obteniendo resultados favorables, ya que todos los microgeneradores se revolucionaron adecuadamente encendiendo la luz que demuestra la producción de energía.

#### ***5.5.4 Problemas por resolver***

El prototipo de ensamble triple funcionó adecuadamente, aunque los soportes tenían cierta inestabilidad y continúan las fugas de agua.

## 5.6 Prototipo 5.- Ensamble quintuple



Figura 5.13 Prototipo 5, ensamble quintuple.



Figura 5.14 Prototipo 5, ensamble quintuple.

### 5.6.1 Descripción

El prototipo 5, de ensamble quintuple, es parecido al prototipo anterior, está compuesto de un soporte de acrílico en forma de escalera que sostiene 5 artefactos microgeneradores similares al prototipo 1, cada uno cuenta con las características antes descritas, y también se encuentran unidos por mangueras flexibles entre sí, además de contar con el adaptador que reduce el diámetro a 9 mm. en cada uno de los sistemas microgeneradores (ver figura 5.13 y 5.14).

### 5.6.2 Pruebas

En la figura 5.15 se muestra la prueba que se realizó al conectar el artefacto microgenerador de ensamble quintuple a la llave de agua con las mismas condiciones de todos los prototipos anteriores.



Figura 5.15 Prueba de prototipo quintuple.

### **5.6.3 Resultados del prototipo 5**

Al realizar esta prueba se pudo comprobar cómo es que se revolucionan la mayoría de los artefactos microgeneradores aprovechando el flujo de agua de la tubería. A pesar de que algunos de ellos dejaron de funcionar por falta de precisión en el ajuste de sus piezas.

### **5.6.4 Problemas por resolver**

En este prototipo algunos de los microgeneradores requieren una calibración de sus piezas, ya que la falta de estabilidad de los artefactos individuales provoca que se detengan al atorarse sus componentes.

A mayores artefactos es indispensable revisar la precisión de cada uno de ellos así como también revisar las zonas de fugas de agua para evitarlas al máximo.



## 5.7 Prototipo 6.- Prueba de iluminación 1



Figura 5.16 Prueba de iluminación de 7 leds amarillos.

### 5.7.1 Descripción y pruebas

En el prototipo 6 se muestra el microgenerador en su versión individual conectado a la llave de agua con las condiciones anteriores, pero en esta ocasión en lugar de poner sólo una luminaria led, se conectaron 7 leds color amarillo (ver figura 5.16).

### 5.7.2 Resultados del prototipo 6

Al realizar la prueba abriendo la llave, se obtuvieron resultados positivos ya que el microgenerador fue capaz de encender los 7 leds color amarillo que se le conectaron.



## 5.8 Prototipo 7.- Prueba de iluminación 2



Figura 5.17 Prueba de iluminación de 3 leds blancos.

### 5.8.1 Descripción y pruebas

En el prototipo 7 se muestra el microgenerador en su versión individual conectado a la llave de agua con las condiciones anteriores, conectada a 3 leds de color blanco (ver figura 5.17).

### 5.8.2 Resultados del prototipo 7

Al realizar la prueba abriendo la llave, se obtuvieron resultados positivos ya que el microgenerador fue capaz de encender los 3 leds color blanco que se le conectaron.

## 5.9 Prototipo 8.- Prueba de iluminación 3



Figura 5.18 Prueba de iluminación con lámpara con 6 leds blancos y 6 leds ambar.

### 5.9.1 Descripción y pruebas

El prototipo 8 se muestra el microgenerador en su versión individual conectado a la llave de agua con las condiciones anteriores, conectada a una lámpara de 12 leds, de los cuales 6 son blancos y 6 color ámbar (ver figura 5.18).

### 5.9.2 Resultados del prototipo 8

Al realizar la prueba abriendo la llave, se obtuvieron resultados positivos ya que el microgenerador fue capaz de encender la lámpara de 12 leds que se le conectó, pero es importante mencionar que los leds color ámbar iluminan muy poco, ya que la intensidad de este tipo de leds es muy baja comparada con la eficiencia de los blancos.

## 5.10 Prototipo 9.- Prueba de iluminación 4



Figura 5.19 Prueba de iluminación con 2 lámparas sumando 12 leds blancos y 12 leds ámbar.

### 5.10.1 Descripción y pruebas

El prototipo 9 se muestra el microgenerador en su versión individual conectado a la llave de agua con las condiciones anteriores, conectada a dos lámparas de 12 leds cada una, de los cuales 12 son blancos y 12 color ámbar (ver figura 5.19).

### 5.10.2 Resultados del prototipo 9

Al realizar la prueba abriendo la llave, se obtuvieron resultados positivos ya que el microgenerador fue capaz de encender las dos lámparas de 12 leds que se le conectaron, pero es importante mencionar que los leds color ámbar iluminan muy poco, ya que la intensidad de este tipo de leds es muy baja comparada con la eficiencia de los blancos.

## 5.11 Prototipo 10.- Prueba de iluminación 5



Figura 5.20 Prueba de iluminación con lámpara de 30 leds.

### 5.11.1 Descripción y pruebas

El prototipo 10 se muestra el microgenerador en su versión individual conectado a la llave de agua con las condiciones anteriores, conectado a una lámpara de 30 leds color blanco (ver figura 5.20).

### 5.11.2 Resultados del prototipo 10

Al realizar la prueba abriendo la llave, se obtuvieron resultados positivos ya que el microgenerador fue capaz de encender la lámpara de 30 leds, pero solo por un par de segundos, ya que esta se fundió de inmediato debido a que al ser una cantidad mayor de leds, se requería mayor voltaje, y el generador produce un voltaje menor al que se necesita para que no aumente la corriente que fundió los leds, ya que a menor voltaje es mayor la corriente.

**Tabla 5.1 pruebas y resultados**

Prototipo	condiciones	versión	Prueba	Luminaria	Resultados
1	Tubería de cobre Diam 13 mm Altura de tinaco 6.50 mts.	Individual	Funcionamiento	1 led rojo	Positivo
2		Individual	Estabilidad	1 led blanco	Positivo
3		Doble	Secuencias	1 led blanco c/u	Positivo
4		Triple	Secuencias	1 led blanco c/u	Positivo
5		Quíntuple	Secuencias	1 led blanco c/u	Positivo
6		Individual	Iluminación	7 leds amarillos	Positivo
7		Individual	Iluminación	3 leds blancos	Positivo
8		Individual	Iluminación	6 leds blancos y 6 leds ambar	Positivo
9		Individual	Iluminación	12 leds blancos y 12 leds ambar	Positivo
10		Individual	Iluminación	30 leds blancos	Positivo

*Origen:* Recopilación de datos obtenidos de las pruebas con prototipos que dieron resultados positivos.

## 5.12 Conclusiones

Después de realizar las anteriores pruebas con los distintos prototipos se concluye que es posible generar energía gracias al movimiento de agua dentro de las tuberías en una casa habitación, o algún otro tipo de edificio; pero también que el ensamble de varios artefactos microgeneradores de energía en una secuencia múltiple, pueden multiplicar la electricidad que se produce.

Otra conclusión obtenida a través de estos experimentos es que el número de artefactos colocados en una secuencia vertical podrían solo depender de la altura de la tubería con respecto a la elevación del tinaco, ya que se demostró que aunque se coloquen varios artefactos, aparentemente no se pierde presión de agua y la iluminación de cada lámpara se mantiene en condiciones similares, gracias a que todos los generadores se revolucionan adecuadamente.

Haciendo el análisis previo, se puede especular que en cualquier edificio en donde exista un movimiento constante de agua, es posible generar energía eléctrica a partir del movimiento de ésta, pero será necesario hacer un diseño en la instalación hidráulica para poder aprovechar al máximo el impulso del agua dentro de las tuberías, tratando de colocar la secuencia de artefactos en lugares estratégicos para lograrlo.

También es importante considerar que los componentes que se utilicen, estén completamente diseñados para obtener la mayor efectividad en sus funciones, ya sea para evitar fugas de agua, lograr más revoluciones por segundo, o contar con un generador mucho más eficiente.

# **Capítulo 6**

## **Diseño global del sistema**

### **6.1 Descripción de partes**

Una vez conocida la función de cada uno de los componentes del artefacto microgenerador se realizaron una serie de experimentos con distintas piezas, en estas pruebas se descartaron las opciones que no obtuvieron resultados positivos, hasta encontrar las que funcionarán más adecuadamente.

En este capítulo se hace una descripción de cada una de las partes del prototipo que dio resultados óptimos para demostrar que es posible generar energía gracias al flujo de agua dentro de las tuberías de cualquier edificio en uso. A pesar de que las piezas que aquí se describen son aceptables para los efectos de este proyecto, es importante aclarar que cada una de ellas puede mejorar tanto en forma, como en la calidad de sus materiales para llegar a un prototipo con mayores niveles de eficiencia.

## 6.2 Componentes del microgenerador individual

A continuación se hace una descripción de los componentes del artefacto microgenerador para tuberías en su forma individual, así como una comparativa con las piezas usadas en el prototipo que dio mejores resultados.

### 6.2.1 *Carcasa para flujo de agua*

Este concepto se refiere al elemento por el cual se dirige el flujo del agua, por lo que cuenta con una sección tubular de entrada y otra de salida lateral, es decir, la pieza tiene forma de “L”, la cual produce un efecto de “sifón” y logra aumentar el impulso del agua. Se realizaron algunas pruebas con la conexión vertical de la tubería tanto de entrada como de salida, y se llegó a la conclusión de que esta es la forma más adecuada para aprovechar al máximo el impulso del agua dentro de un tubo (ver figura 6.1).

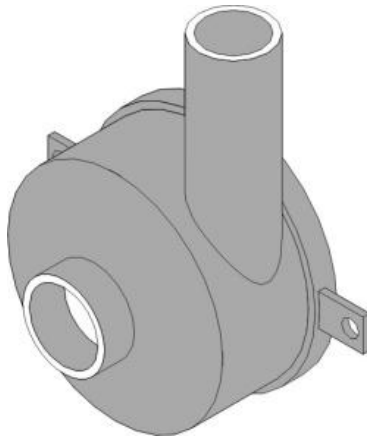
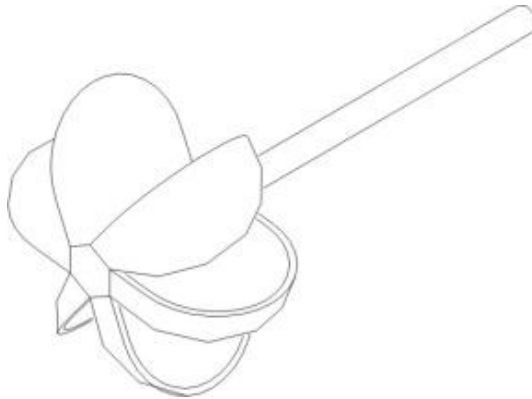


Figura 6.1 Carcasa para flujo de agua



### **6.2.2 Propela y eje**

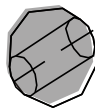
La función de la propela es lograr la rotación de un eje aprovechando la fuerza del agua, para lo cual se disponen una serie de seis aspas que serán impulsadas por este movimiento. Se realizaron algunas pruebas con distintos tipos de hélices. Finalmente se diseñó una propela con aspas en forma cóncava similar al diseño de una turbina Pelton, que obtiene resultados muy eficientes al ser impulsada por la corriente de agua de una planta hidroeléctrica generadora de energía (ver figura 6.2).



**Figura 6.2 Propela con aspas cóncavas y eje**

### **6.2.3 Buje esférico**

El buje esférico es una pieza que se coloca dentro del soporte y deja pasar por su interior el eje, tiene la función de evitar la fricción en la rotación y al mismo tiempo evitar alguna fuga de agua que traspasa el sello hermético.



**Figura 6.3 Buje esférico**

#### **6.2.4 Sello hermético elastomérico**

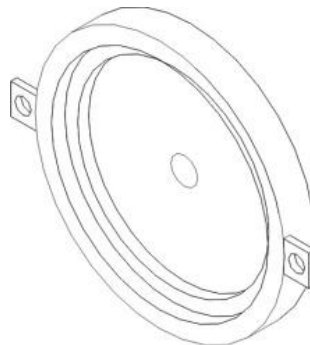
Así como la carcasa tiene la función de contener el agua y de dirigirla, el sello hermético tiene como función evitar las fugas en donde hace contacto la carcasa con el soporte. Esta pieza tendrá que ser de un material elastomérico ya que al insertarse entre la carcasa y el soporte tendrá cierto grado de compactación, logrando que ambas piezas queden unidas sin dejar pasar el agua (ver figura 6.4).



**Figura 6.4 Sello hermético elastomérico**

#### **6.2.5 Soporte de carcasa**

Este elemento como su nombre lo indica, tiene la función de retener la carcasa del flujo de agua y el sello hermético, así como direccionar el eje que va conectado a la propela. Al soportar estos elementos también le da estabilidad al funcionamiento. La pieza que se utilizó en el prototipo es metálica (ver figura 6.5).



**Figura 6.5 Soporte de carcasa**

### 6.2.6 Transmisión

Una vez que se revoluciona el eje, se adapta a una transmisión que multiplicará el número de rotaciones por segundo, logrando así una mayor velocidad en los giros que impulsan el imán del generador. Ésta se encuentra formada por un engrane de mayor tamaño, mismo que será insertado en el eje principal, y un engrane de menor diámetro que será el encargado de revolucionar el rotor del generador (ver figura 6.6).



Figura 6.6 Engrane mayor de la transmisión

### 6.2.7 Generador

El generador es el elemento que nos ayuda a transformar la energía cinética en electricidad. La pieza utilizada en el prototipo cuenta con un soporte plástico con embobinado de alambre de cobre, que hace la función del estator, ya que no se mueve, y al centro contiene la pieza del rotor, que es el imán que gira en su mismo eje (ver figura 6.7).

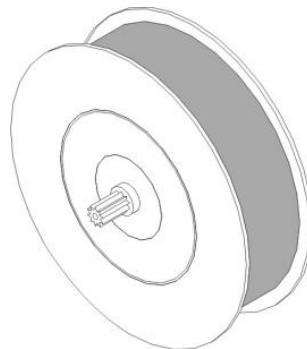


Figura 6.7 Generador propuesto para el prototipo

## 6.3 Ensamble

### 6.3.1 Orden en las piezas

Las piezas descritas se ensamblan en el orden que se muestra en la figura 6.8

- A) Carcasa
- B) Propela
- C) Eje
- D) Sello hermético
- E) Soporte
- F) Buje esférico
- G) Engrane de transmisión
- H) Generador

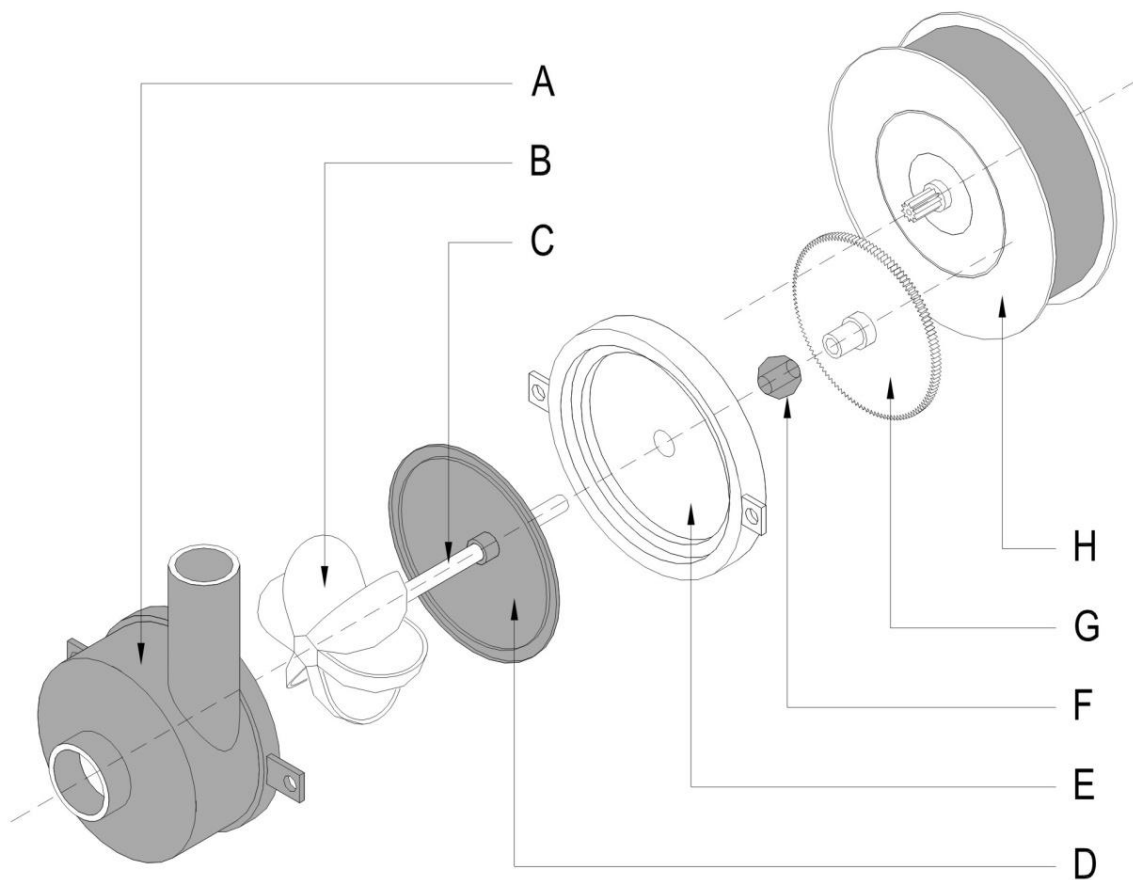


Figura 6.8 Orden del ensamble

### 6.3.2 Ensamble del sistema individual

En la figura 6.9 se muestra el ensamble del sistema microgenerador con sus componentes, en donde se observa la carcasa para el paso de agua con la letra **A**, con un orificio de salida indicado con la letra **B** y uno de entrada marcado con la letra **C**.

Dentro de la carcasa se aloja la propela con aspas en forma cóncava marcada con la letra **D**, misma que está sujeta a un eje marcado con la letra **H**, dicho eje será introducido en el sello hermético indicado con la letra **E**, y el soporte de la carcasa (letra **F**) con la pieza esférica marcado con la letra **G**; el final del eje se encuentra sujeto al engrane mayor de la transmisión mostrado con la letra **I**, mismo que multiplicará el número de rotaciones del eje transmitidas al microgenerador que cuenta con un eje sujeto a la transmisión mostrado con la letra **O** y que ayudará a que gire el rotor marcado con la letra **L**, el cual está rodeado por el estator (letra **M**), contenido en la carcasa del microgenerador marcado con la letra **N**.

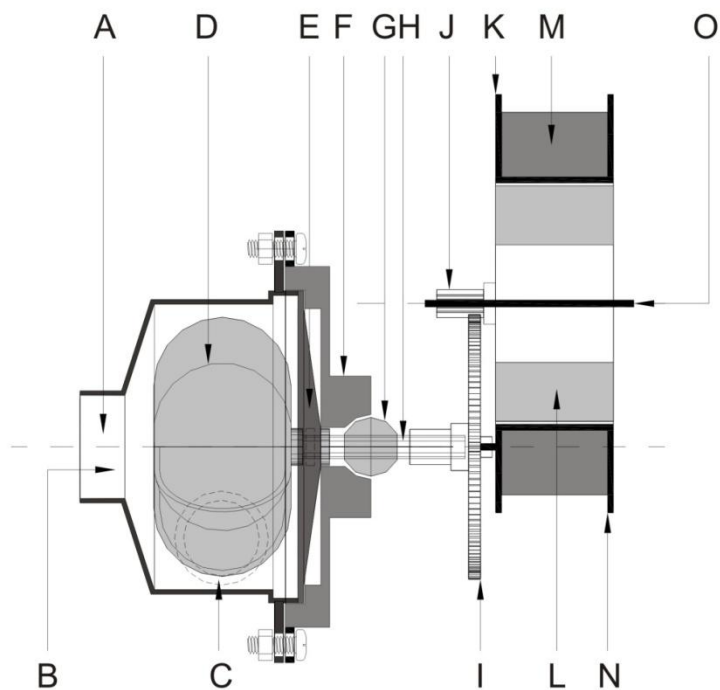


Figura 6.9 Ensamble del sistema individual

## 6.4 Secuencia Múltiple

### 6.4.1 *Ensamble múltiple de microgeneradores*

En la figura 6.10 se muestra como se ensambla el sistema múltiple de microgeneradores en forma escalonada, el número de éstos puede variar dependiendo de las características del edificio y de la altura de la bajada principal de agua, ya que mientras la conducción de agua tenga mayor presión se podrán operar más microgeneradores.

Las carcasas de flujo de agua marcadas con las siglas **Ma**, estarán conectadas entre sí por una manguera flexible marcada como **Me**. La secuencia será conectada a la bajada principal de agua de un edificio marcada como **Mf**, y de igual modo la tubería continuará su recorrido normal marcado como **Mg**.

Cada uno de los sistemas microgeneradores de energía individuales cuentan con la carcasa de flujo de agua marcada como **Ma**, conectada al soporte marcado como **Mb**, que a su vez está conectado a través del eje a la transmisión con **Mc** y a su generador indicado como **Md**.

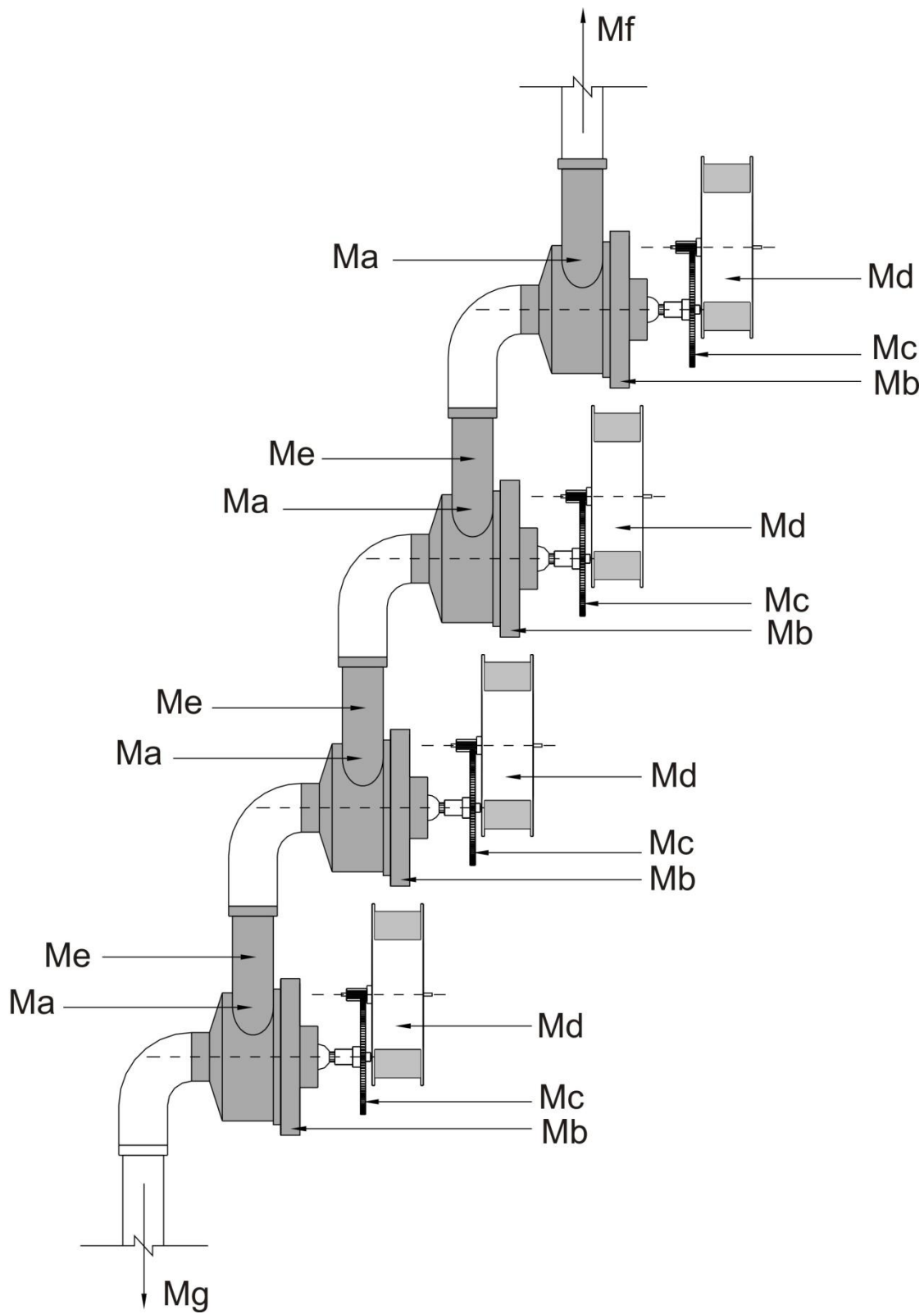


Figura 6.10 Secuencia múltiple del sistema

### 6.4.2 Carcasa y soportes del sistema

La secuencia múltiple está contenida dentro de una carcasa (2) que mantiene los elementos del sistema en su sitio, gracias a los soportes internos, en donde se sujetan tanto los microgeneradores (1) como los soportes de la parte hidráulica (5). También se contempla un espacio para que en cada soportes se coloque un rectificador, para obtener corriente directa (4) y el cableado (3) que transporta la corriente producida por cada microgenerador, hasta un regulador (ver figura 6.11).

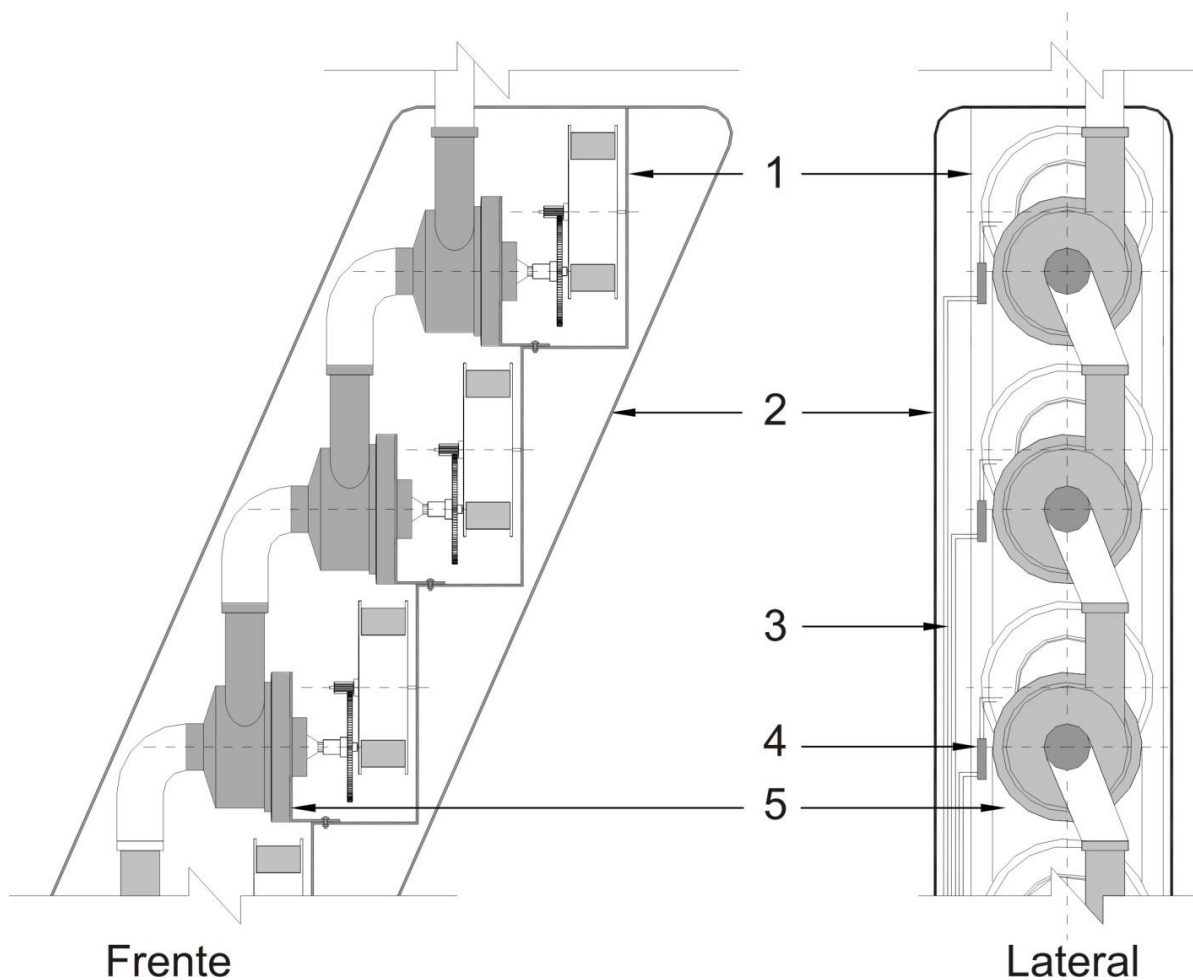


Figura 6.11 Sección de secuencia múltiple contenida dentro de la carcasa



### 6.4.3 Módulo de secuencia múltiple

El módulo de secuencia múltiple que se propone, contiene 17 artefactos (**B**) para un entepiso tipo entre 2.30 y 2.50 metros de altura, los cuales están contenidos en la carcasa principal (**C**) con sus soportes internos (**D**). Dicho módulo cuenta con una conexión a la tubería de entrada (**A**) y otra de salida (**E**) (ver figura 6.12).

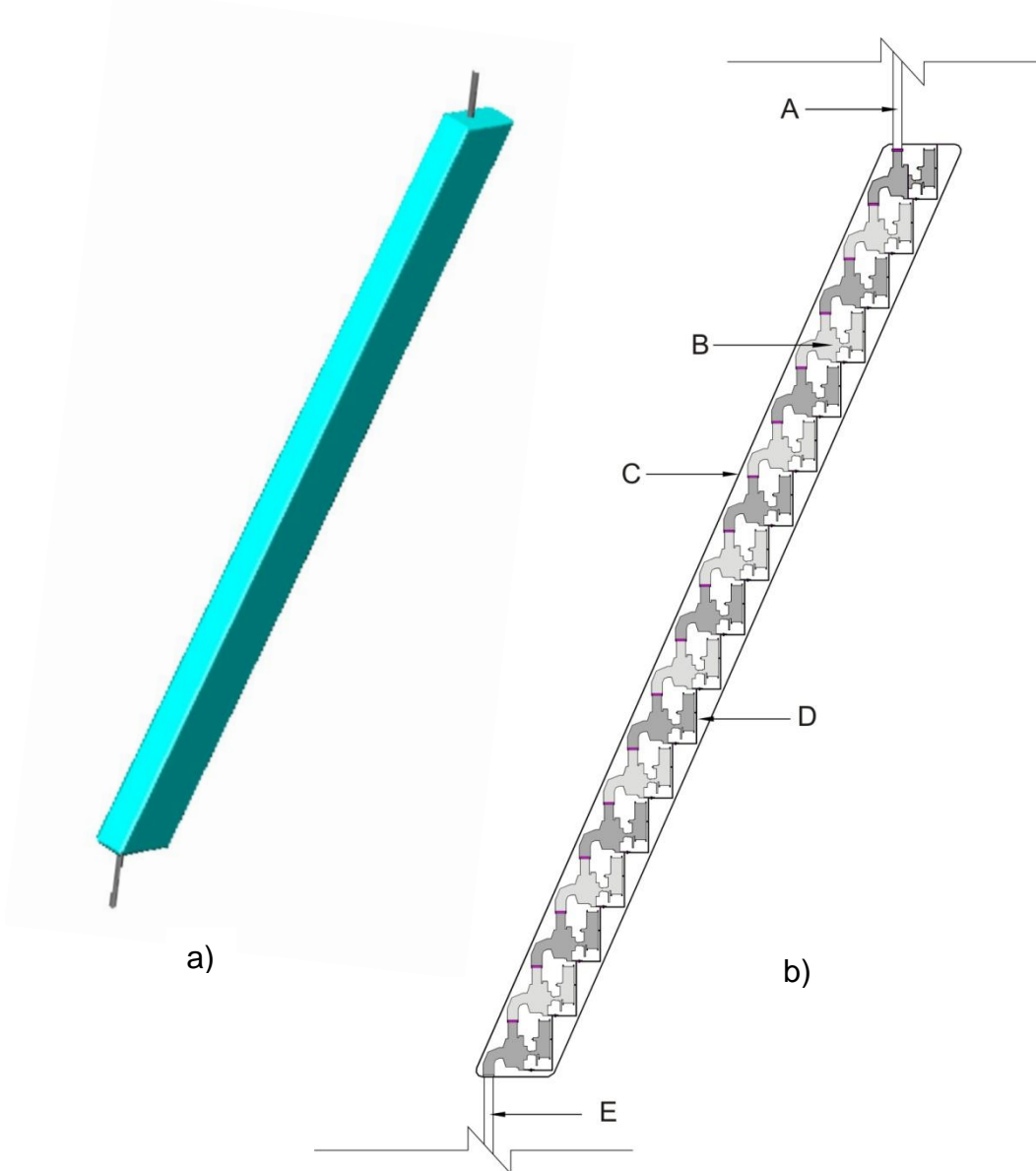


Figura 6.12 Módulo de secuencia múltiple vertical, a) vista exterior de la carcasa, b) vista interna de la secuencia.

## 6.5 Registros

El sistema propone forzar los recorridos de la tubería hidráulica para que pasen por los módulos de microgeneradores dispuestos para generar energía eléctrica; según sea el caso del edificio y la cantidad de niveles de la que éste se componga. Si se cuenta con una bajada de agua por nivel, es posible multiplicar el número de secuencias modulares, y es por esto que se proponen 4 tipos de registros para ubicarlos conjuntamente a la instalación hidráulica.

Para que el sistema se encuentre en óptimas condiciones es necesaria la disposición escalonada de los artefactos individuales, y es por esta razón que la carcasa del módulo de secuencias tiene que colocarse con una inclinación que permita el flujo de agua adecuado sin pérdidas de presión.

Los registros son diferentes por el número de módulos que contienen, pero a continuación se hace una descripción de las características similares entre ellos, marcadas con los mismos números en las figuras 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 respectivamente.

Se propone que el registro **(3)** sea de un material metálico dispuesto para empotrarse en un muro de la zona de servicio del edificio, como pudiera ser el cuarto de lavado. Dicho registro contará con secciones donde se colocarán cada uno de los módulos **(1)**, los cuales cuentan con tubos de entrada de agua **(4)** y de salida **(6)** que a su vez estarán conectadas a otro registro en el piso inferior a éste. Uno de los módulos estará conectado a una salida de agua dispuesta para abastecer los muebles del nivel donde se encuentra el registro **(5)**.

Una vez que el agua ha pasado por el sistema y ha logrado revolucionar los microgeneradores, la corriente eléctrica producida por los mismos será canalizada por cables individuales hacia un regulador que modulará la intensidad de corriente

producida, ya que del mismo saldrá un solo cable hacia las baterías dispuestas para almacenar la energía.

### 6.5.1 Registro de 4 módulos

Este registro cuenta con un espacio para colocar los 4 módulos correspondientes. Se propone una tapa desmontable para mantenimiento (ver figura 6.13).

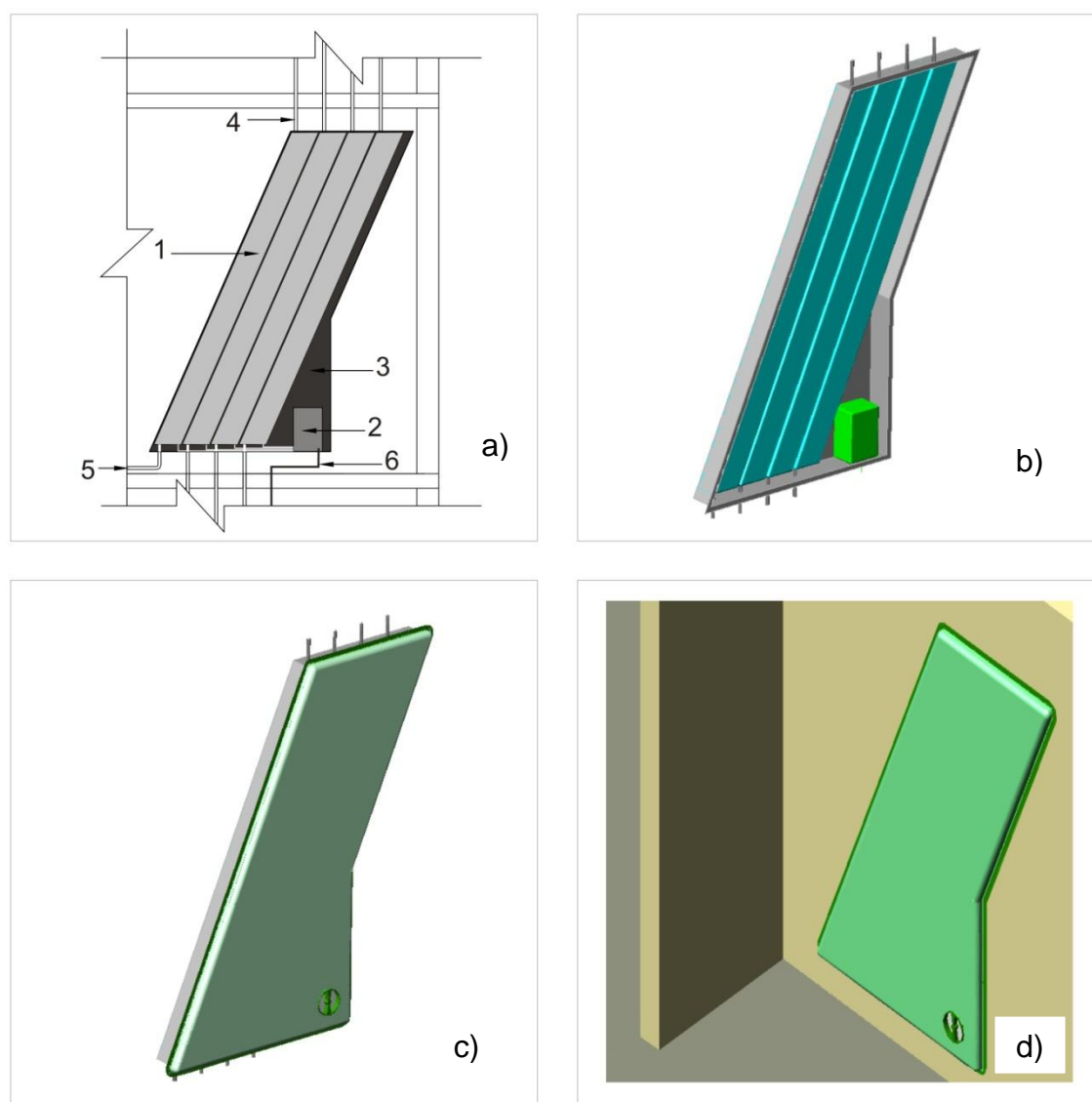


Figura 5.13 Registro soporte para 4 módulos de secuencia múltiple.  
a) Partes internas del registro, b) isométrico del registro, c) Tapa del registro, d) montaje en muro.

### 6.5.2 Registro de 3 módulos

Este registro cuenta con un espacio para colocar los 3 módulos correspondientes. Se propone una tapa desmontable para mantenimiento (ver figura 6.14).

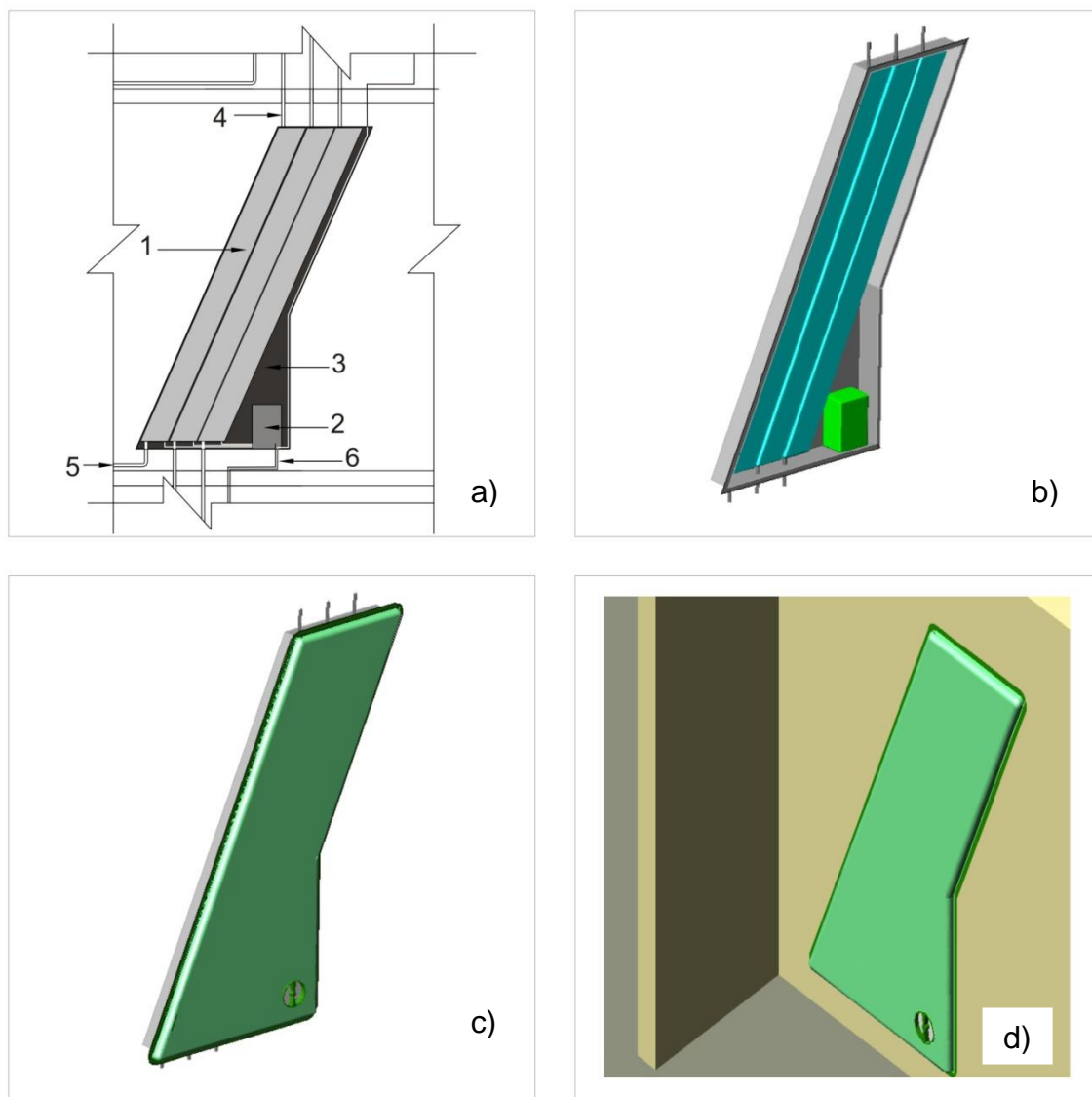


Figura 6.14 Registro soporte para 3 módulos de secuencia múltiple.  
a) Partes internas del registro, b) isométrico del registro, c) Tapa del registro, d) montaje en muro.

### 6.5.3 Registro de 2 módulos

Este registro cuenta con un espacio para colocar los 2 módulos correspondientes. Se propone una tapa desmontable para mantenimiento (ver figura 6.15).

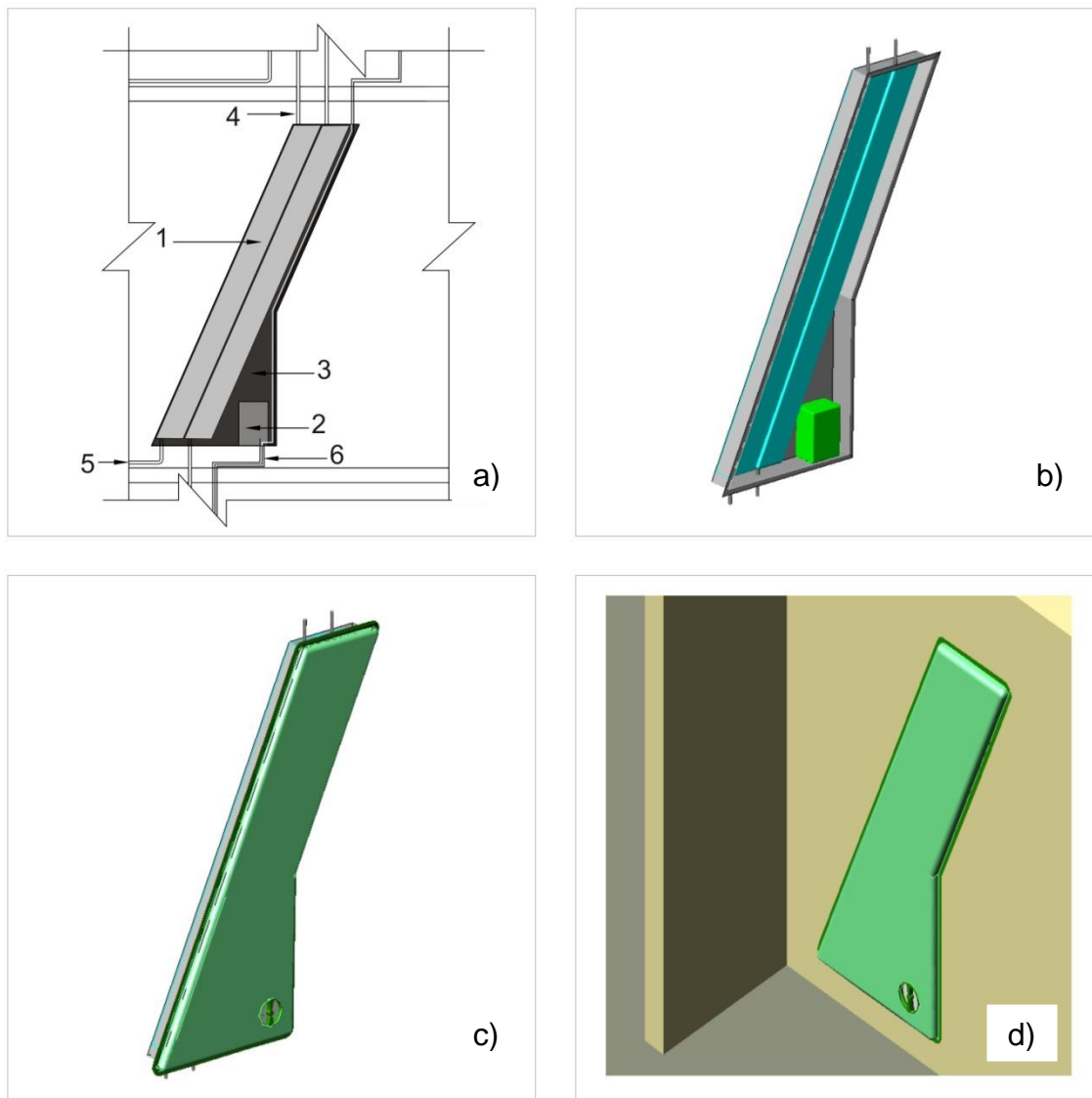


Figura 6.15 Registro soporte para 2 módulos de secuencia múltiple.  
a) Partes internas del registro, b) isométrico del registro, c) Tapa del registro, d) montaje en muro.

#### 6.5.4 Registro de 1 módulo

Este registro cuenta con espacio para un módulo, junto a su regulador respectivo y un banco de 4 baterías, las cuales están conectadas a un interruptor que servirá para controlar el consumo de energía en ellas (ver figura 6.16).

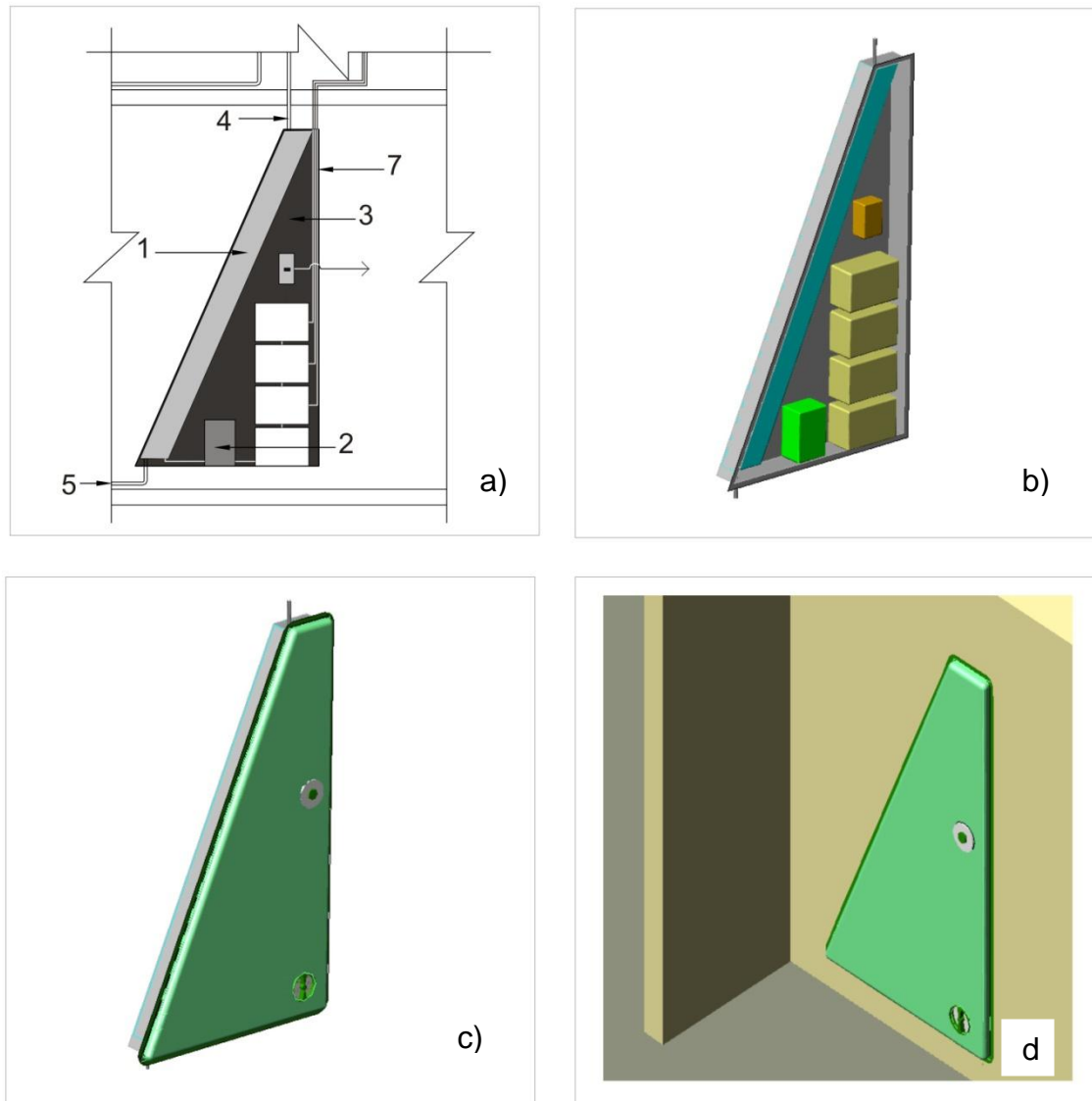


Figura 6.16 Registro soporte para 1 módulo de secuencia múltiple. a) Partes internas del registro, b) isométrico del registro, c) Tapa del registro, d) montaje en muro.

## 6.6 Propuesta de instalación

En la figura 6.17 se muestra la distribución del sistema dentro de la red hidráulica de un edificio en uso, para lo cual se ha colocado el ejemplo de una construcción de 4 niveles.

En este ejemplo se cuenta con un tanque elevado (tinaco) para cada nivel (1), y cada uno tiene una bajada de agua independiente para abastecer un solo piso (2). Cada una de las bajadas de tubería hidráulica pasa por un grupo de secuencia múltiple marcadas con los números 3, 4, 5 y 6 respectivamente.

Cada módulo de microgeneradores cuenta con una salida eléctrica que será conectada a un regulador por registro (7), los cuales contarán con un cableado (1) que dirigirá la corriente eléctrica a un banco de baterías (8) en la planta baja del edificio, donde se encontrará el último registro que contará con un interruptor para utilizar la energía almacenada en las baterías, con una salida eléctrica que se dispone para hacer uso de ella.

En este punto se propone la conexión a una instalación de iluminación de leds en el edificio.

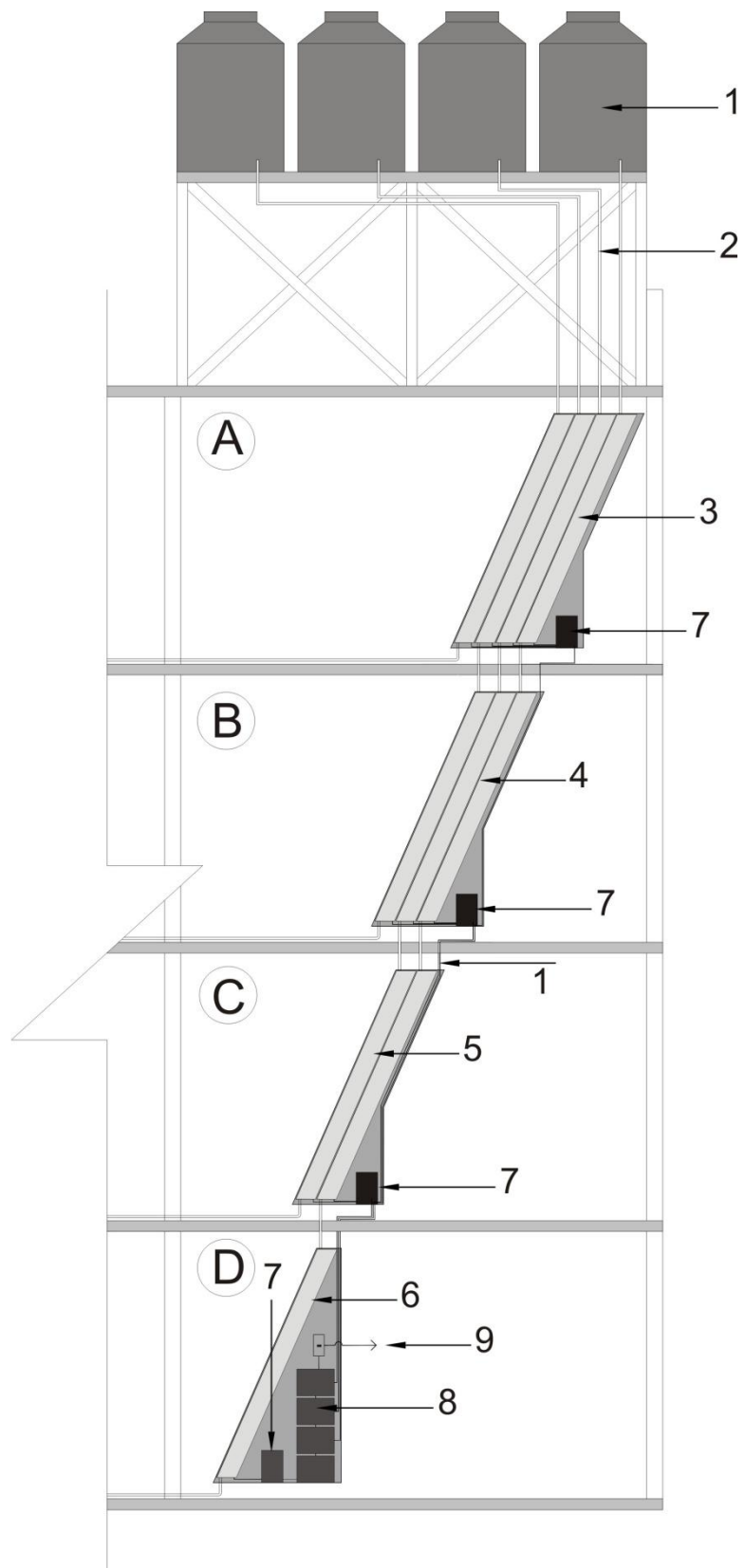


Figura 6.17 Propuesta de instalación del sistema en edificio de 4 niveles



# Capítulo 7

## Análisis de resultados

### 7.1 Especificaciones

Para analizar los resultados obtenidos en el proceso de experimentación, a continuación se hace una descripción de las condicionantes en las que el artefacto probado funcionó con mayor eficiencia.

#### 7.1.1 *Generador*

RMOTD A126 WREO

M20624ZB39-H

120V de CA

2.5/3 rpm

3.3/2.8 w

SANKYO SEIKI

#### 7.1.2 *Datos hidráulicos*

Tubería: 13 mm de diámetro

Altura del tinaco de nivel de piso terminado: 6.50 mts.

Altura del tinaco con respecto a la salida de agua: 5.50 mts.

Velocidad de agua: 0.30 litros / segundo

Presión de agua para una tubería de 13 mm de diámetro y una altura de 5.50 mts:

Área:  $1.33 \text{ cm}^2$

Volumen:  $731.5 \text{ cm}^3$

Presión: 0.731 kg.

Presión de agua para un diámetro de 9 mm:

Área: 0.63 cm<sup>2</sup>

Volumen: 346.5 cm<sup>3</sup>

Presión: 0.346 kg.

## 7.2 Iluminación

Según las pruebas descritas en el capítulo 4, el prototipo que funcionó con mayor eficiencia fue el que tenía conectadas dos lámparas de 6 leds blancos y 6 leds ambar cada una. Con los anteriores datos observamos lo siguiente:

Características técnicas de leds ambar claro de 5mm (STEREN 2010):

- Voltaje: 2.1 Vcc
- Potencia: 31.5 mW
- Luminosidad: 80 mcd
- Corriente: 15 mA
- Diámetro: 5 mm

Características técnicas de leds blancos ultrabrillante de 5mm (STEREN 2010):

- Voltaje: 3.5 a 4 Vcc
- Potencia: 80 mW
- Intensidad luminosa: 600 a 800 mcd
- Corriente: 20 mA
- Angulo de iluminación: 30° respecto a la horizontal
- Diámetro: 5 mm
- Largo: 8.6 mm

### 7.2.1 Producción de energía por generador

12 leds blancos =  $80 \text{ mW} \times 12 = 960 \text{ mW}$

12 leds ambar =  $31.5 \text{ mW} \times 12 = 378 \text{ mW}$

Total: 1338 mW de producción mínima de energía - en tiempo real - por generador.

### 7.2.2 Lámparas de leds comerciales

La tecnología de lámparas de leds de alta intensidad cuenta con opciones para iluminación en interiores hasta con un 80% menos en el consumo de energía de las lámparas tradicionales y una vida útil de 50,000 horas por cada una de ellas. Algunos ejemplos son:

**Tabla 7.1 ejemplos de lámparas de leds**

			
<b><u>Iluminación LEDs Interior SP50</u></b>	<b><u>Iluminación LEDs Interior MR16</u></b>	<b><u>Iluminación LEDs Interior SP70</u></b>	<b><u>Iluminación LEDs Interior SP80</u></b>
3 Watt	3 Watt	5 Watt	15 Watt
190 Lúmenes	170 Lúmenes	250 Lúmenes	750 Lúmenes
Vida Útil 50,000 Horas	Vida Útil 50,000 Horas	Vida Útil 50,000 Horas	Vida Útil 50,000 Horas
Ahorrando 50%~80%	Ahorrando 50%~80%	Ahorrando 50%~80%	Ahorrando 50%~80%
85-264VAC	85-264VAC	85-264VAC	85-264VAC
12/24DC	12V AC/DC	12/24DC	12/24DC
<b>Base de Lampara</b>	<b>Base de Lampara</b>	<b>Base de Lampara</b>	<b>Base de Lampara</b>
GU10, E12, E14, E17, E26, E27	GU5.3	E26, E27	E26, E27

Para el análisis de un caso práctico, se seleccionaron dos tipos de lámparas del catálogo anterior con las siguientes especificaciones:

### 7.2.3 Lámpara de leds para interiores – MR16



Figura 7.1 Lámpara de leds MR16

**Tabla 7.2 Especificaciones de lámpara MR16**

<b>Modelo</b>	MR16
<b>Nombre de Modelo</b>	Lámpara de enfoque LED de alto poder (alta intensidad)
<b>Dimensiones</b>	50 mm de diámetro x 45mm de altura
<b>Emisión de Colores</b>	Blanco Puro, Blanco cálido (Rojo, amarillo, azul)
<b>Color de Ambiente</b>	Blanco Puro: 5,000 – 7,000K, Blanco Cálido: 3,000 – 4,000K
<b>Ángulo de luminosidad</b>	30°
<b>Lumen</b>	170 lm
<b>Voltaje</b>	12VAC/DC (85-264VAC, también trabaja con adaptador externo)
<b>Consumo de Suministro de Poder</b>	3 Watt
<b>Lente de la lámpara</b>	Acryl
<b>Radiador copa de la lámpara</b>	Aleación de aluminio plateado
<b>Base de la lámpara</b>	GU5.3
<b>Vida útil</b>	50,000 horas

#### 7.2.4 Lámpara de leds para interiores – SP80



Figura 7.2 Lámpara de leds SP80

**Tabla 7.3 Especificaciones de lámpara SP80**

<b>Modelo</b>	SP80
<b>Nombre de Modelo</b>	Lámpara de enfoque LED de alto poder (alta intensidad)
<b>Emisión de Colores</b>	Blanco, opaco
<b>Color de Ambiente</b>	Blanco Puro: 5,000 – 7,000K, Blanco Cálido: 3,000 – 4,000K
<b>Lumen</b>	750 lm
<b>Voltaje</b>	12VAC/DC (85-264VAC, también trabaja con adaptador externo)
<b>Consumo de Suministro de Poder</b>	15 Watt
<b>Vida útil</b>	50,000 horas

### **7.2.5 Análisis de artefactos por secuencia múltiple**

Después de las pruebas que se realizaron, y obteniendo resultados positivos en las secuencias múltiples, se concluyó que podrían adaptarse más artefactos en la secuencia, obteniendo resultados similares en cualquiera de ellos. Tomando los datos anteriores se hace el siguiente análisis:

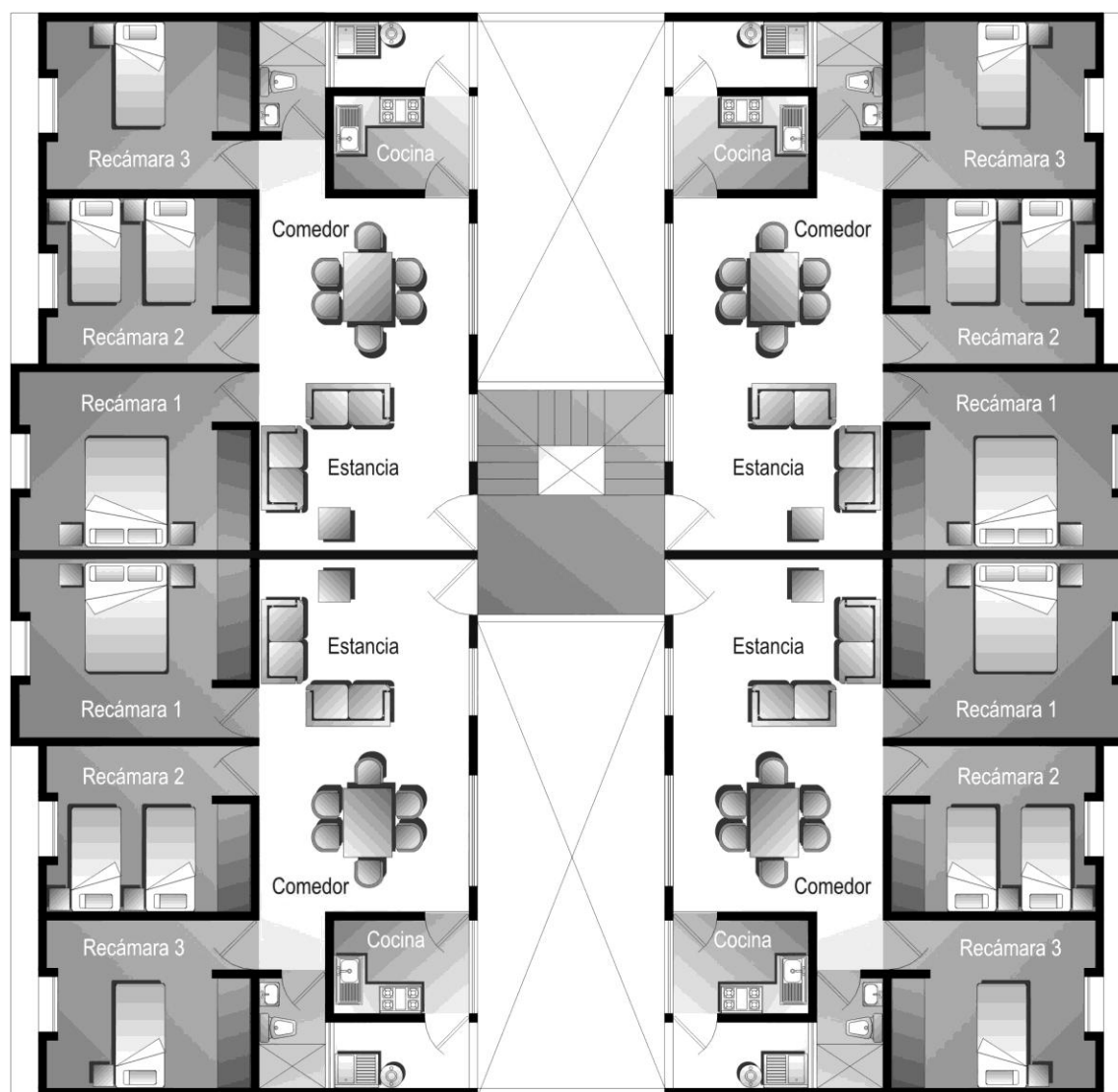
**Tabla 7.4 Resultados de análisis por secuencia múltiple**

<b>Secuencia múltiple</b>	
Altura mínima de entrepiso en edificios habitables (Reglamento de construcciones del Distrito Federal).	2.30 mts.
Altura promedio de artefacto individual	13 cms.
Promedio de artefactos por entrepiso en columna	17
Generación de energía por columna de entrepiso en tiempo real en mW	22,746 mW
Generación de energía por columna de entrepiso en tiempo real en Watts	23 Watts.
Cantidad de leds blancos ultrabrillantes encendidos en tiempo real	284
Cantidad de lámparas de leds (MR16) en tiempo real	7.6
Cantidad de lámparas de leds (SP80) en tiempo real	1.5

### 7.3 Análisis de caso práctico

Edificio de 16 departamentos con:

4 departamentos por nivel, en cuatro niveles.



Planta arquitectónica tipo

Figura 7.3 Planta arquitectónica de edificio de departamentos.

### **7.3.1 Análisis de frecuencia de uso de agua en un departamento**

Consumo de agua por persona al día (Reglamento del Distrito Federal, 2010): 150 lts.

Personas promedio por departamento: 5

Consumo total de agua al día por departamento: 750 lts.

Velocidad del agua: 0.30 lts. / segundo

Tiempo total aproximado de consumo de agua por departamento: 45 minutos

### **7.3.2 Análisis de producción de energía en el edificio propuesto**

En la figura 7.4 se muestra un esquema de un módulo de 4 departamentos en sentido vertical, suponiendo que en un edificio de 16 departamentos tendremos 4 módulos iguales a este.

Aquí se propone una bajada de agua independiente para cada departamento, en donde cada uno cuenta con el siguiente número de secuencias:

**Tabla 7.5 producción de energía en el edificio**

<b>Número de microgeneradores en módulo de 4 departamentos en vertical</b>		
<b>Nivel</b>	<b>secuencias</b>	<b>Microgeneradores</b>
<b>Nivel 4</b>	1	17
<b>Nivel 3</b>	2	34
<b>Nivel 2</b>	3	51
<b>Nivel 1</b>	4	68
<b>total</b>	<b>10</b>	<b>170</b>



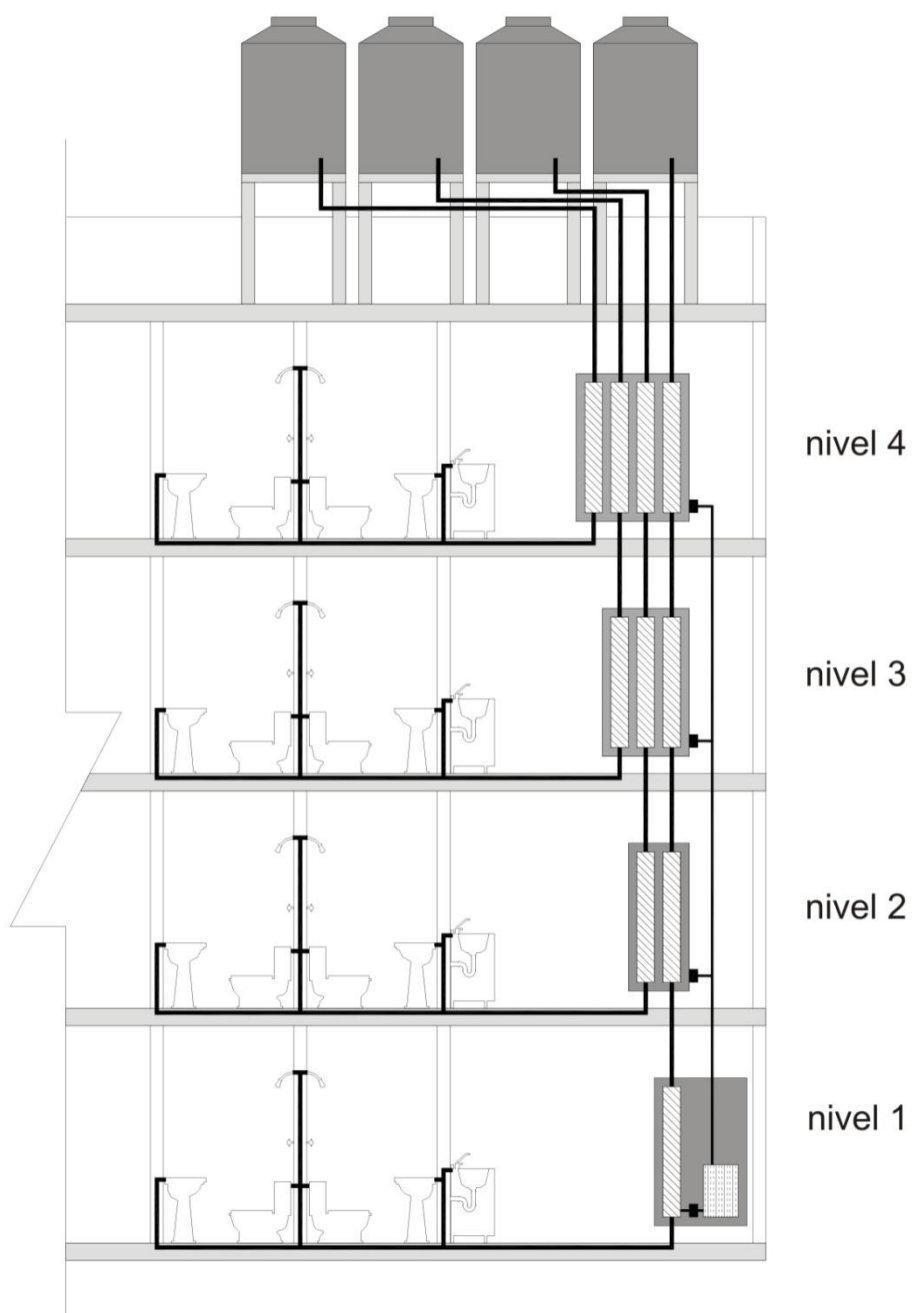


Figura 7.4 Corte vertical de un modulo de departamentos.

**Tabla 7.6 Microgeneradores en el edificio**

<b>Número de microgeneradores en edificio de 16 departamentos</b>		
<b>Nivel</b>	<b>secuencias</b>	<b>Microgeneradores</b>
<b>Nivel 4</b>	$1 \times 4 = 4$	$17 \times 4 = 68$
<b>Nivel 3</b>	$2 \times 4 = 8$	$34 \times 4 = 136$
<b>Nivel 2</b>	$3 \times 4 = 12$	$51 \times 4 = 204$
<b>Nivel 1</b>	$4 \times 4 = 16$	$68 \times 4 = 272$
<b>total</b>	<b><math>10 \times 4 = 40</math></b>	<b><math>170 \times 4 = 680</math></b>

Como cada una de las secuencias está dispuesta en la bajada de agua para alimentar un solo departamento, se toma en cuenta que por esa tubería pasa sólo el agua suficiente para dar uso al mismo; es decir, según este caso práctico serán 45 minutos constantes de producción de energía por departamento, quedando de la siguiente manera:

**Tabla 7.7 Tiempo de producción eléctrica**

<b>Tiempo de producción de electricidad con secuencias de microgeneradores en edificio de 16 departamentos</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Minutos por secuencias</b>	<b>Minutos por Microgeneradores</b>
<b>Nivel 4</b>	$4 \times 45 = 180 \text{ min}$	$68 \times 45 = 3,060 \text{ min}$
<b>Nivel 3</b>	$8 \times 45 = 360 \text{ min}$	$136 \times 45 = 6,120 \text{ min}$
<b>Nivel 2</b>	$12 \times 45 = 540 \text{ min}$	$204 \times 45 = 9,180 \text{ min}$
<b>Nivel 1</b>	$16 \times 45 = 720 \text{ min}$	$272 \times 45 = 12,240 \text{ min}$
<b>total</b>	<b><math>40 \times 45 = 1,800 \text{ min}</math></b>	<b><math>680 \times 45 = 30,600 \text{ min}</math></b>

### **7.3.3 Cantidad de lámparas**

#### **Lámpara MR16**

Número de secuencias  $40 \times 7.6$  lámparas = 304 lámparas encendidas por 45 minutos cada una al día.

= 13,680 minutos de iluminación constante para repartir entre varias lámparas en un día.

Lo cual representa 10 lámparas encendidas constantemente por 24 horas.

#### **Lámpara SP80**

Número de secuencias  $40 \times 1.5$  lámparas = 60 lámparas encendidas por 45 minutos cada una al día.

= 2700 minutos de iluminación constante para repartir entre varias lámparas en un día.

Lo cual representa 2 lámparas encendidas constantemente por 24 horas.

## **7.4 Cálculo de lámparas por departamento tipo**

Según el reglamento de construcciones del distrito federal, los niveles de iluminación en luxes que deberán proporcionar los medios artificiales en habitaciones serán 75 al plano de trabajo, y en circulaciones 50 al piso.

### **7.4.1 Datos**

Dimensiones:

Largo: 3.50 mts

Ancho: 3.00 mts.

Altura: 2.30 mts.

Techo: horizontal

Altura de plano de trabajo al techo: 1.50 mts.

Acabados en pared: pintura color blanco

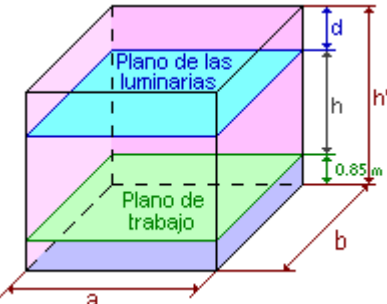
Tipo de lámpara: lámpara de leds de alta intensidad, 170 lm.

Nivel de iluminación en luxes: 75

Tipo de iluminación: directa

### 7.4.2 Cálculo de índice del Local (k)<sup>7</sup>

Tabla 7.8

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semi-indirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

$$k = (3.00 \times 3.50) / 1.5 \times (3.00 + 3.50)$$

$$k = 10.50 / 9.75 = 1.0769$$

### 7.4.3 Coeficiente de reflexión

Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados.

Tabla 7.9 Coeficiente de reflexión

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	claro	0.5
	medio	0.3
Suelo	oscuro	0.1
	claro	0.3
	oscuro	0.1

Tomando los siguientes datos:

Techo: 0.7

Paredes: 0.5

Suelo: 0.1

#### 7.4.4 Factor de utilización

El factor de utilización se determina a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

**Tabla 7.10 Coeficiente de utilización**

Factor de utilización									
Índice del Local K	Factor de reflexión del techo								
	0.7			0.5			0.3		
	Factor de reflexión de las paredes								
	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
4	.61	.56	.52	.50	.56	.52	.50	.56	.52
5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

FU= 0.28

#### 7.4.5 Factor de mantenimiento

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

**Tabla 7.11 Factor de mantenimiento**

Ambiente	Factor de mantenimiento
Limpio	0.8
Sucio	0.6

FM = 0.8

#### 7.4.6 Lúmenes por local (Tutorial de instalaciones en los edificios, 2010)

Calcular el número de lúmenes necesarios para la iluminación del local.

$$\text{Lum} = \text{Luxes} \times \text{área} \quad \text{F.U.} = \text{Factor de utilización}$$

$$\text{F.U.} \times \text{F.M.} \quad \text{F.M.} = \text{Factor de mantenimiento}$$

$$\text{Lúmenes} = (75 \times 10.5) / (0.28 \times 0.8) = 787.50 / 0.0224 = 35,156$$

#### 7.4.7 Determinación del número de lámparas (Cano, 2010)

$$\text{Luxes} = \# \text{ lámp.} \times \text{lúmenes} \times \text{F.U.} \times \text{F.M.} / \text{Area}$$

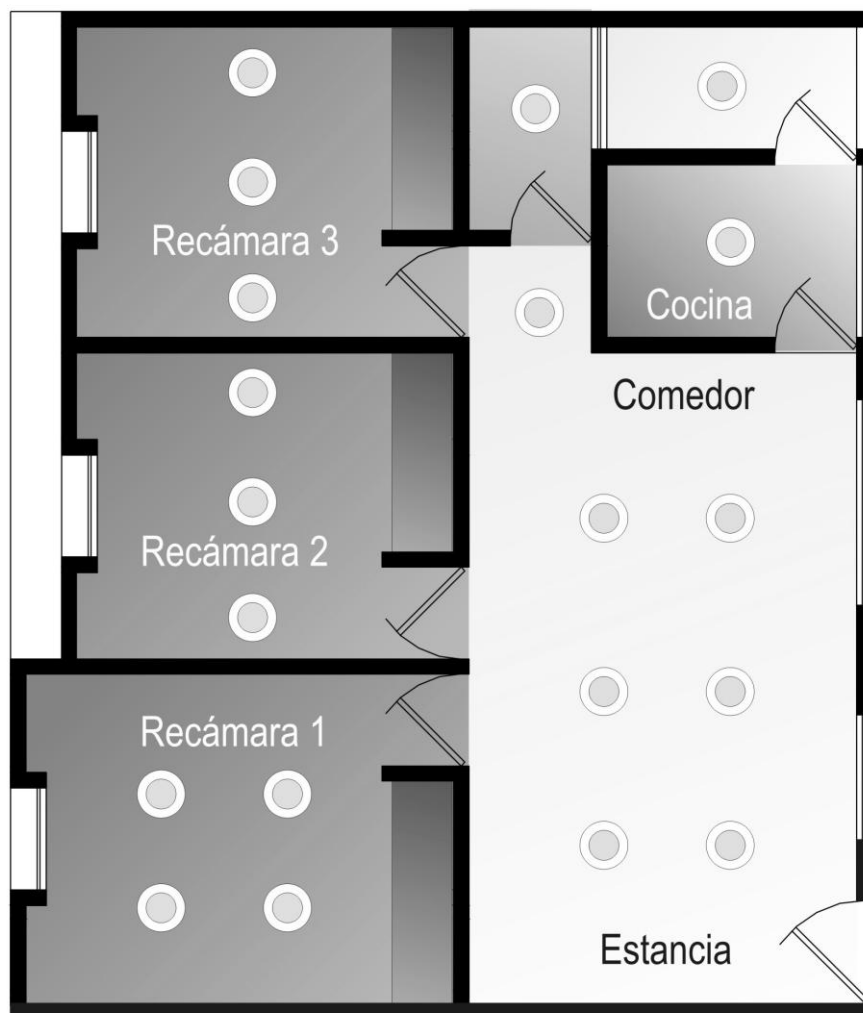
$$\text{Lámparas} = \text{área} \times \text{luxes} / \text{lámpara por luminaria (lúmenes iniciales} \times \text{factor de mantenimiento} \times \text{coeficiente de utilización)}$$

Propuesta de lámparas recámara 1:

$$\text{Lámparas MR16} = 10.5 \times 75 / (1 \times 170 \times 0.8 \times 0.28) = 787 / 38 = 20$$

$$\text{Lámparas SP80} = 10.5 \times 75 / (1 \times 750 \times 0.8 \times 0.28) = 787 / 168 = 4$$

Según el cálculo anterior se hace una aproximación de luminarias para un departamento tipo, obteniendo un número de 20 lámparas SP80 por cada uno.



Iluminación de departamento tipo

Figura 7.5 Acomodo de lámparas en departamento tipo

#### **7.4.8 Tiempo estimado de iluminación**

Dentro de un departamento o casa habitación se hace un estimado del tiempo que permanecen las luminarias encendidas durante el transcurso de 24 hrs.

Promedio de horas de actividad después de que oscurece:

6:30 pm a 11:00 pm = 4.5 horas

Promedio de horas de actividad antes del amanecer:

6:30 am a 7:30 am = 1 hora

Total = 5.5 horas.

Número de personas promedio por departamento: 5

Número de espacios por departamento: 8

Porcentaje de ocupación de espacios en caso de que cada miembro de la familia utilice un lugar a la vez:

8 espacios = 100%

5 espacios ocupados = 62.5%

Promedio de tiempo de iluminación: 5.5 horas x 62.5% = 3.44 horas = 206 minutos de iluminación constante de 20 lámparas.

Tiempo total de iluminación de las 20 lámparas: 4,120 minutos al día

Según datos anteriores:

Las secuencias en el edificio tienen un rendimiento mínimo de 2700 minutos de iluminación constante al día, lo que supone:

4,120 minutos necesarios de iluminación por departamento

2,700 minutos de generación gracias a los microgeneradores para un sólo departamento



## 7.5 Resultados mínimos globales

### 7.5.1 *Demanda:*

4,120 minutos de iluminación x 16 departamentos =

65,920 minutos = 100%

Energía producida por el sistema microgeneradores =

2,700 minutos = 4 %

### 7.5.2 *Requerimientos de áreas comunes del edificio:*

Cubo de escaleras en 4 niveles = 8 lámparas, (dos por nivel)

Pasillo de acceso = 2 lámparas

Iluminación exterior en puerta de acceso = 1 lámpara

Iluminación de patio interior = 2 lámparas

---

Total de lámparas en áreas comunes = 13 lámparas

En un edificio de 16 departamentos con un total de 320 luminarias en interiores, el 4% representarían el abastecimiento de iluminación de 13 lámparas por 5.5 horas constantes, lo cual es suficiente para iluminar parte de las áreas comunes en el mismo inmueble, como son el cubo de escaleras, pasillo de acceso al edificio e iluminación exterior.

# Capítulo 8

## Conclusiones

Este trabajo ha tenido la finalidad de hacer una propuesta seria para la reutilización de la energía implícita en el movimiento del agua de los inmuebles, con la condicionante de que exista un uso regular en su instalación de agua potable, pluvial o gris - que es la que se recicla de lavabos y regaderas - siempre y cuando estos líquidos no contengan desechos sólidos.

Durante el desarrollo de este trabajo se plantearon una serie de hipótesis acerca del diseño de un sistema de generación de electricidad a partir del movimiento de agua dentro de las tuberías de cualquier edificio en uso; después de dicho planteamiento se pasó a una etapa de investigación y otra de experimentación, gracias a las cuales se obtuvieron las siguientes conclusiones.

Después de hacer un análisis acerca del desbaste energético mundial, alternativas en materia de energía y propuestas actuales de ecotecnias utilizadas en la búsqueda de una arquitectura autosustentable, se concluye que existen diversas opciones que no sólo son innovadoras, sino también respetuosas del medio ambiente, pero ninguna de ellas ha contemplado la posibilidad de obtener energía eléctrica a partir del movimiento de agua dentro de las tuberías, como una propuesta seria para abastecer una parte de los requerimientos eléctricos que el mismo inmueble necesita para su funcionamiento cotidiano, lo cual se busca en este documento.

La conclusión más importante obtenida después de esta investigación es que el movimiento de agua dentro de las tuberías es capaz de producir energía cinética, misma que pudo transformarse en energía eléctrica gracias al diseño de un artefacto microgenerador, del cual se realizaron una serie de prototipos, hasta llegar al que

funcionó más favorablemente. Dicho artefacto fue diseñado utilizando los mismos componentes básicos de una central hidroeléctrica, pero a pequeña escala.

Otra conclusión es que al colocar una serie de microgeneradores en una secuencia escalonada descendente, es posible multiplicar la producción de energía eléctrica. Estas secuencias al parecer pueden contener el número de microgeneradores máximo que permita la altura de la tubería así como la cantidad de presión de agua dentro de la misma. Dichos aparatos se ensamblaron en la tubería de la bajada principal de agua de una casa habitación, dando resultados positivos.

Según los datos obtenidos en la experimentación, se concluye que a pesar de que los componentes de los prototipos no fueron diseñados específicamente para el fin de producir energía - ya que se utilizaron piezas lo mas semejantes a las características necesarias para cada una de ellas - el sistema de secuencias múltiples de microgeneradores eléctricos conectados a la red hidráulica, sería capaz de abastecer como mínimo el 4% de la iluminación general de un edificio, lo cual puede significar la iluminación de las áreas comunes del mismo, como son cubos de escaleras, pasillos de acceso e iluminación exterior.

Se pretende que el sistema de almacenamiento de energía se componga de un grupo de baterías conectadas entre sí, las cuales guardarán la energía producida por el flujo de agua constante en la tubería del edificio. El usuario tiene la opción de utilizar su energía en un sistema de iluminación de bajo voltaje o bien hacer uso de ésta directamente para cargar aparatos electrónicos. La cantidad de energía almacenada dependerá de las características del edificio, así como de la efectividad de los microgeneradores y la frecuencia del uso de agua.

Para aprovechar el sistema dentro de edificios ya construidos sería recomendable un análisis de sus condiciones de uso; tomando en cuenta la altura, la cantidad de habitantes, el destino del edificio, la cantidad de agua que se consume en el mismo, así como su distribución arquitectónica para saber cuáles son los lugares de mayor aprovechamiento en los recorridos hidráulicos, y destinar un lugar específico

para colocar el sistema; mismo que al hacer modificaciones en la ubicación de las bajadas principales de agua, tendría la factibilidad de adaptarse a la distribución general existente.

Cuando se construye un edificio por primera vez, se cuenta con un proyecto previo en donde se han analizado todas las condicionantes arquitectónicas, estructurales y de instalaciones. Este sistema sería fácilmente adaptable a un edificio que pudiera contemplar las características necesarias óptimas para su aprovechamiento, no sólo indicando las especificaciones de la instalación hidráulica, sino también el destino que el usuario pretendiera darle a la energía obtenida, eligiendo entre poner una salida eléctrica para cargar aparatos electrónicos, o indicando una instalación de iluminación de bajo voltaje específica para el edificio.

Dado que el sistema suministra al usuario el acceso a una toma de corriente directa de bajo voltaje, sería conveniente la utilización de un cableado adecuado para esta condicionante, y poder abastecer una red de iluminación de leds que se adaptaría a estas características, ya que no sería necesario transformar la energía como se hace con la red de suministro público, ya que su voltaje tiene que reducirse a los niveles de energía que necesitan ciertos aparatos, como lo son celulares, computadoras y algunos televisores modernos, los cuales por lo general tienen un transformador de corriente para evitar que se dañen. Así que también podría analizarse la posibilidad de tener una conexión especial desde el sistema para abastecer este tipo de aparatos.

## 8.1 Ventajas y desventajas del sistema

Después del desarrollo de éste trabajo se concluye que el sistema cuenta con distintas ventajas, en donde se puede mencionar la producción de energía gracias a un elemento que de cualquier manera ya está implícito en el modo de vida cotidiana y en el uso de los edificios: el agua.

El movimiento de líquido de los edificios varía entre el uso de los mismo y el número de personas que lo habitan, donde se menciona que los recorridos en un departamento o casa habitación - que han sido los ejemplos propuestos – han dado resultados positivos, también se puede mencionar que existen otro tipo de edificaciones con mayores recorridos de agua, como los hoteles y balnearios, auto lavados, o en la industria, en donde debido a los procesos para la elaboración de algunos productos son necesarias instalaciones hidráulicas diversas, algunos de los cuales incluyen la utilización de sistemas de propulsión adicionales que de cualquier manera son dispuestos en estas construcciones, pero que permitirían un mayor rendimiento de energía.

Lo anterior da una idea clara de que en todos estos casos el movimiento hidráulico es constante y hasta el momento una fuente de energía que no es aprovechada, pero que podría serlo gracias al uso de un sistema microgenerador de energía.

Otra ventaja que tiene este sistema es que al producir energía de bajo voltaje, no es necesario poner adaptadores para el uso de algunas lámparas, sobre todo las de leds que son la última tecnología en ahorro energético, lo cual podría dar mayor eficiencia una vez optimizado el sistema.

Aunque en esta investigación se propuso el uso de la energía obtenida para cubrir un porcentaje de iluminación, dicha energía podría utilizarse para recargar algunos aparatos eléctricos, como celulares o computadoras. Aunque el sistema aún no alcanza una optimización en sus componentes para aumentar su producción eléctrica,

es cierto que el usuario podría decidir en que utilizarla, ya sea para usos internos del edificio, o artefactos independientes a él.

Se plantea la posibilidad de optimizar los componentes para dar resultados más satisfactorios y sea entonces donde cabría la opción de realizar un estudio de los costos por manufactura en serie del sistema, y conocer el tiempo de recuperación de la inversión por colocarlo en el inmueble.

Otra desventaja es que el sistema sólo funciona cuando alguna persona utiliza el servicio hidráulico, y en el momento que éste deja de usarlo, la secuencia de microgeneradores se detiene; a este efecto se le llama intermitencia.

## **8.2 Mejoras al sistema**

En este trabajo, el sistema microgenerador se desarrolló hasta obtener un prototipo en secuencia múltiple, que al funcionar comprueba la hipótesis de que se puede obtener electricidad de esta manera. También se hizo un análisis de los componentes del artefacto, además de la revisión de un caso práctico en donde se analizó la cantidad de electricidad mínima producida para utilizarla en el mismo edificio.

El sistema puede mejorarse al estudiar la posibilidad de generar más energía bajo las mismas condiciones, lo cual podría conseguirse haciendo un nuevo análisis de los componentes para lograr su máxima eficiencia, como por ejemplo utilizar un generador exclusivamente diseñado para obtener el máximo de energía por litro de agua dentro de este sistema.

El desarrollo del diseño de la interfaz con el usuario es importante tomando en cuenta la forma de las secuencias y las condicionantes de las zonas de servicio dentro de un edificio, que serían los lugares adecuados para colocarlo.

También el estudio de la parte eléctrica del sistema, en donde se almacena la energía producida, las características específicas del grupo de baterías, así como las

cantidades máximas y mínimas de almacenamiento en ellas. La conexión para hacer uso de la electricidad, podría plantearse para iluminación o recargar aparatos electrónicos de manera individual o colectiva.

### 8.3 Temas de estudio propuestos

Existe la posibilidad de distintos temas de estudio vinculados a este proyecto. En el área del diseño - que fue la perspectiva desde la cual fue creado - queda abierta la posibilidad de diseñar mejoras en las formas tanto del artefacto en sí, en cada una de sus partes, la carcasa que lo contendría, así como los registros ahogados en los muros que podrían soportarlo, con todas sus especificaciones de ensamble y mantenimiento.

Algunas áreas de estudio no están ligadas a la parte de diseño, pero haciendo análisis más profundos podrían lograr aumentar la eficiencia del mismo. Una rama de la física es la *termodinámica*, ciencia que estudia los intercambios entre los procesos de masa, movimiento y energía; la que con un análisis más preciso podría definir la cantidad de energía máxima por obtener con el impulso de agua hacia los microgeneradores; aunque para este estudio sería necesario tener el diseño lo más apegado a la versión final.

La ingeniería eléctrica se ocupa del estudio y aplicación de la electricidad, y es aquí donde cabe la posibilidad de realizar un análisis de las características del microgenerador, como son el tipo de rotor y estator para tener mejores resultados, y el estudio de las ganancias y pérdidas de energía según el número de secuencias utilizadas en el sistema de modo integral.

Otro tema de estudio, podría ser el análisis detallado para calcular cómo adaptar este sistema a una red de iluminación de bajo voltaje con lámparas de leds, así como el estudio del cálculo de la cantidad precisa de energía producida por cada tipo de edificio, tomando en cuenta condicionantes específicas como son altura, número de usuarios, consumos de agua, entre otros.

Se contempla que los estudios para lograr mayor eficiencia en el sistema pueden ser amplios aún, entre ellos también se podría mencionar un diseño en la instalación hidráulica que reduzcan la intermitencia y que con medios mecánicos se logrará tener un recorrido de agua constante – o lo más apegado a este término – y que eleve la generación de energía eléctrica. Como ejemplo se menciona el uso de las bombas de ariete, que pueden elevar un porcentaje (aunque limitado) de agua, o bombas impulsadas por paneles solares, en donde ninguno de estos ejemplos depende de medios eléctricos convencionales.

Por último cabe mencionar que la idea de construir una arquitectura autosustentable no está lejos de la realidad, utilizando la suma tanto de este sistema como de otros alternos para completar las necesidades de funcionamiento de un edificio. El diseño de las instalaciones de las nuevas construcciones no sólo tendrá la tarea de abastecer los recursos necesarios para la supervivencia humana, sino también de recolectar cualquier tipo de energía producida en el mismo lugar donde se consume, ya sea aprovechando el movimiento hidráulico, o eólico, donde no solo el viento puede generar energía, si no que al pensar en la adaptación de la arquitectura al lugar donde se construye, invita a aprovechar los recursos que las condicionantes climáticas afecten al mismo, como lo sería el movimiento de las olas del mar si se construye cerca de éste, o el aprovechamiento de la fuerza de un huracán entre otros, lo cual abre distintas posibilidades de temas por desarrollar.



## Referencias bibliográficas

Alcaraz R. (1987). Posibilidades técnico-económicas para el aprovechamiento de energía solar. *Revista Ciencias UNAM*. Vol. 010

Cano Burelo Rafael. (2007). Cálculo de iluminación. *Arqhys*. (En línea). (Fecha de consulta: 20 de junio del 2010). Disponible en: [www.arqhys.com/noticias/2007/06/calculo-de-iluminacion.html](http://www.arqhys.com/noticias/2007/06/calculo-de-iluminacion.html)

Eibenschutz Juan. (2008, abril). El sector energético en México. *Revista Este país*. No. 205, pp. 99-104.

Franzini J. B., Finnemore E. J. (1999) Mecánica de fluidos con aplicaciones en la Ingeniería. 9ª edición. Mc Graw Hill (pp. 441 – 447).

González Ávila María Eugenia, Beltrán Morales Luis F, Troyo Dieguez Enrique. (2006). Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México. *INCI*. (En línea). (Fecha de consulta 20 de mayo del 2010). Disponible en: [www.scielo.org.ve](http://www.scielo.org.ve)

Gourlay Ch. (2008, junio). Light fantastic: pedestrians to generate power. *The Sunday Times, Times newspapers*.

Guey Lee L. (2009). Renewable Energy Consumption and Electricity Preliminary Statistics 2009. U.S. *Energy Information Administration, Independent Statics and Analysis* (En línea). Disponible en: [www.eia.doe.gov/cneaf/alternate/page/renew\\_energy\\_consump/rea\\_prereport.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/alternate/page/renew_energy_consump/rea_prereport.html)

Jiménez, V. M. (2009, julio). *La energía eólica en la generación de energía eléctrica en el mundo*. Vigésima segunda reunión de verano y potencia, aplicaciones industriales y exposición industrial, IEEE sección México.

King M. Hubbert (2010). King M. Hubbert y su metodología para el cálculo de las reservas petrolíferas. (En línea). (Fecha de consulta: mayo del 2010). Disponible en: [www.hubbertpeak.com](http://www.hubbertpeak.com)

Olín Martínez, José Luis. (2008, abril). Festejo por la tierra. Entrevista a Jaime Urrutia Fucugauchi. *Revista Ciencia y Desarrollo*, vol. 34, no. 218.

Pastorelli Giuliano. (2010). Top 10 de edificios sustentables AIA. *Revista Muebles y Decoración*. (En línea). (Fecha de consulta: 22 de abril del 2010). Disponible en: [mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html](http://mueblesydecoracion-web.blogspot.com/2010/04/10-de-edificios-sustentables-aia.html)

Prieto Pedro A. (2002). Un cuento de terrorismo energético. (En línea). *Crisis energética*. España. Disponible en: [www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=200310091349456](http://www.crisisenergetica.org/staticpages/index.php?page=200310091349456)

Rodríguez Bárbara Angélica. (2009). Energía Eólica. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. (En línea). (Fecha de consulta: 10 de marzo del 2010). Disponible en: [www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_612\\_energia\\_eolica](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_612_energia_eolica)

Rodríguez Bárbara Angélica. (2009). Energía minihidráulica. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. (En línea). (Fecha de consulta: 29 de octubre del 2009). Disponible en: [www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_631\\_energia\\_minihidrauli](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_631_energia_minihidrauli)

Ogasawara Y. (2008). Revamped 'Power Generating Floor' to Be Tested at Tokyo Station. *Nikkei Electronics*.

Ortiz E. Cristina Isabel. (2010). Rueda hidráulica. Escuela de Ingeniería de Antioquía. Colombia. (En línea). (Fecha de consulta: 4 de mayo del 2010). Disponible en: [http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/rueda\\_hidraulica/rueda\\_hidraulica.html](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/rueda_hidraulica/rueda_hidraulica.html)

Poy Solano Laura. (2007). México, tercer lugar mundial en generación de energía geotérmica. *La Jornada*. (En línea). Disponible en: [www.jornada.unam.mx/2007/11/18/index.php?section=economia&article=030n2eco](http://www.jornada.unam.mx/2007/11/18/index.php?section=economia&article=030n2eco)

Thomson E. A. (2008, julio). Opens new 'window' on solar energy. *MIT News, Massachusetts Institute of Technology*. (En línea). Disponible en: [web.mit.edu/newsoffice/2008/solarcells-0710.html](http://web.mit.edu/newsoffice/2008/solarcells-0710.html)

Zuk M., Garibay Bravo V., Iniestra R., López M. T., Rojas Brscho L., Laguna I., (2006). Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México. *Sistema de publicaciones del Instituto Nacional de Ecología*.

\* \* \*

American Institute of Architects. (En línea). (Fecha de consulta: 2 de mayo del 2010). Disponible en: [www.aia.org/index.htm](http://www.aia.org/index.htm)

Balance nacional de energía 2009. (México). Secretaría Nacional de Energía (SENER). (Fecha de consulta: Junio del 2011). Disponible en: <http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1791#Energia>

Energía hidráulica, explotación y uso sostenible. (2007). Evolución libre. (En línea). (Fecha de consulta: 2 de mayo del 2010). Disponible en: [www.evolucionlibre.net/article.php/energia\\_hidraulica](http://www.evolucionlibre.net/article.php/energia_hidraulica)

Centro de investigación en energía. (2010). Departamento de materiales solares. Universidad Nacional Autónoma de México. (En línea). (Fecha de consulta: 20 de mayo del 2010). Disponible en: [xml.cie.unam.mx/xml/ms](http://xml.cie.unam.mx/xml/ms)

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Ministerio de Ciencia e Innovación. España. (2006). (En línea). *Situación de la energía en el mundo, Europa y España*. Disponible en: [www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm#2](http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm#2)

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. (2010) Biomasa. *Ministerio de Ciencia e Innovación. España*. (En línea). (Fecha de consulta: 10 de Mayo del 2010). Disponible en: [www.ciemat.es/portal.do?TR=C&IDR=180](http://www.ciemat.es/portal.do?TR=C&IDR=180)

Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT, Gobierno Federal. (2010). Estadísticas del agua en México. (En línea). (Fecha de consulta 8 de noviembre del 2009). Disponible en: [www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010\\_Espanol\\_16Junio2010.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010_Espanol_16Junio2010.pdf)

Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). Tercer informe de evaluación del cambio climático 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. (Fecha de consulta: Junio del 2011). Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes>  
[http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. (En línea). (Fecha de consulta 8 de noviembre del 2009). Disponible en:

[www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/default.aspx?tema=me&e=09](http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/default.aspx?tema=me&e=09)

Organización para la cooperación y el desarrollo económico (2010). (En línea). (Fecha de consulta: Mayo del 2010). Disponible en: [www.oecd.org](http://www.oecd.org)

Pantallas led. (2010). Iluminación de interiores con lámparas de led de alta intensidad. (En línea). (Fecha de consulta 15 de junio del 2010). Disponible en: [www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion\\_interior/](http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion_interior/)

Publicaciones de física. (2010). Termodinámica. Universidad Iberoamericana de la ciudad de México. (En línea). (Fecha de consulta 20 de julio del 2010). Disponible en: [www.uia.mx/campus/publicaciones/fisica/pdf/15termodinamica.pdf](http://www.uia.mx/campus/publicaciones/fisica/pdf/15termodinamica.pdf)

Reglamento de construcciones para el Distrito Federal (2010). Requerimientos mínimos de servicio de agua potable. Requerimientos mínimos de iluminación. Transitorios, artículo noveno, inciso C. Editorial Trillas.

Secretaría de Energía. (2010). Instituto de Investigaciones Eléctricas. México. (En línea) (Fecha de consulta 2 de mayo del 2010). Disponible en: [www.iie.org.mx](http://www.iie.org.mx)

Secretaría de Energía. (2010). Sistema de Información energética. México. (En línea). (Fecha de consulta 2 de mayo del 2010). Disponible en: [sie.energia.gob.mx/sie/bdiController](http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController)

STEREN (2010). soluciones electrónicas. (En línea). (Fecha de consulta 5 de junio del 2010). Disponible en: [www.steren.com.mx](http://www.steren.com.mx)

Tutorial de instalaciones en los edificios I. (2010). Proyecto de alumbrado. Departamento de sistemas y computación del Instituto Tecnológico de la Paz. (En línea). (Fecha de consulta 20 de junio del 2010). Disponible en: [sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalaciones/tema\\_23.htm](http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalaciones/tema_23.htm)

United States Geological Survey (2010). (En línea). (Fecha de consulta: mayo del 2010). Disponible en: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)

# Curriculum Vitae del autor

## Datos personales

Nombre: Ivonne Plata Ortega  
Fecha de nacimiento: 3 de diciembre de 1971  
Mail: ivonneplata@hotmail.com

## Escolaridad

1990 –1995 “Universidad Nacional Autónoma de México”  
Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán  
Carrera: arquitectura  
Documento: Título profesional  
2008 – 2009 “Universidad Autónoma Metropolitana”  
Campus Azcapotzalco  
Especialización en Diseño  
Nuevas Tecnologías, Cad-Cam

## Educación complementaria

1992 Taller de pincel de aire  
1993 Participación en concurso Alberto J. Pani  
Composición Arquitectónica  
1993 Participación en encuentro nacional de  
estudiantes de arquitectura  
1993 Curso autocad 2d  
1993 Curso autocad 3d  
1993 Word, Excel, Power point (autodidacta)  
1995 Corel Draw, Photo paint (autodidacta)  
1995 Curso acurrender.  
2006 Sketchup (autodidacta)  
2007 Curso Artlantis, escuela digital.  
2008 Seminario taller de metodología de la investigación para el diseño.  
2009 Mechanical, UAM Azcapotzalco.  
2009 3d max, UAM Azcapotzalco.  
2009 Seminario de redacción de textos científicos, UAM Azcapotzalco.

### **Actividad profesional**

- 1994-1995 Auditorio Nacional Centro de Arte y Cultura  
Levantamiento arquitectónico de estacionamientos.
- 1995-1996 Plisa Constructora S.A. de C.V.  
Proyectista
- 1995-2009 Desde el año de 1995 a la fecha, ha trabajado de manera independiente para varias empresas, realizando:  
Proyecto arquitectónico, diseño de instalaciones, diseño estructural, proyecto ejecutivo, Ejecución de obra civil, diseño de interiores, presentaciones de venta, proyectos 3d, animación 3d, diseño gráfico e Ilustración.

### **Publicaciones**

- 2010 “La Microhidroenergía en las tuberías de agua de edificios habitables”  
Congreso Internacional de Ingeniería Física  
Sede: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.
- 2010 “Arquitectura y Microenergía”  
Semana de la ciencia y la Innovación 2010  
Instituto de Ciencias y Tecnologías del Distrito Federal

### **Reconocimientos**

- 2010 “Mención Académica 2009” por el trabajo “Microhidroenergía, diseño de un sistema generador de energía, a partir del flujo de agua en las tuberías”.  
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.

### **Patentes**

- 2011 “Sistema múltiple de microgeneradores de energía para tuberías de agua en inmuebles”  
Solicitud de patente en trámite. (IMPI).